



**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TITULACIÓN**

***INGENIERÍA INDUSTRIAL***

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**MEJORA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA  
DE UN EDIFICIO COMERCIAL A PARTIR DE  
LOS TÉRMINOS DE ETIQUETADO DE LA  
ILUMINACIÓN Y DE LA ELECTRICIDAD**

**Autor**

**David Bordas Martínez**

**Tutora:**

**Consuelo Gómez Pulido**

# Índice

Índice .....	1
Índice de figuras .....	3
Índice de tablas .....	5
Índice de gráficas.....	7
1. Agradecimientos.....	9
2. Objetivos y estructura del proyecto .....	11
2.1. <i>Objetivos</i> .....	11
2.2. <i>Estructura del proyecto</i> .....	11
3. Introducción.....	14
3.1. <i>Contexto energético actual</i> .....	14
3.1.1. <i>Situación energética actual en el mundo</i> .....	14
3.1.2. <i>Situación energética actual en España</i> .....	15
3.2. <i>Sistemas de etiquetado y certificación energética</i> .....	19
3.2.1. <i>Certificación energética de edificios</i> .....	19
3.2.2. <i>El etiquetado de la electricidad y garantías de origen</i> .....	23
3.2.3. <i>Otros sistemas de etiquetado</i> .....	27
4. Garantías de origen y electricidad verde/eficiente .....	33
4.1. <i>Garantías de origen</i> .....	33
4.1.1. <i>Normativa</i> .....	33
4.1.2. <i>Procedimiento</i> .....	34
4.2. <i>Electricidad verde/eficiente: Etiquetado de la electricidad</i> .....	35
4.2.1. <i>Normativa</i> .....	35
4.2.2. <i>Procedimiento de presentación</i> .....	36
4.2.3. <i>Procedimiento de cálculo</i> .....	38
4.2.4. <i>Ejemplos</i> .....	40
5. Lider y Calener : funcionamiento en general y en particular, sistemas que consuman electricidad .....	44
5.1. <i>Lider</i> .....	44
5.1.1. <i>Estructura del Lider</i> .....	45
5.2. <i>Calener</i> .....	50
5.2.1. <i>Estructura de CALENER_GT</i> .....	50
5.2.2. <i>Exportación del edificio a CALENER_GT</i> .....	52
5.3. <i>¿De dónde partimos?</i> .....	53
5.3.1. <i>Definición del edificio</i> .....	54
5.3.2. <i>Definición de los sistemas</i> .....	57
5.3.3. <i>Formulario de edición de los espacios</i> .....	68
5.3.4. <i>Indicadores de eficiencia energética</i> .....	74
5.3.5. <i>Resultado del informe inicial</i> .....	79
6. ¿Qué hemos hecho? .....	85
6.1. <i>Modificación de los parámetros de la iluminación</i> .....	85
6.1.1. <i>Resultados e informes</i> .....	87
6.2. <i>Modificación del autoconsumo en términos de contratación de energía verde</i> 91	
6.2.1. <i>Toda la energía que consume es energía verde</i> .....	93



6.2.2.	<i>Búsqueda del límite para mejora de la calificación para no comprar toda la energía verde.....</i>	<i>98</i>
6.3.	<i>Modificación conjunta de iluminación y autoconsumo.....</i>	<i>102</i>
7.	Resumen y Conclusiones.....	109
8.	Bibliografía.....	114
9.	Anexos.....	116



# Índice de figuras

Figura 1: Esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible.....	16
Figura 2: A partir del 31 de octubre de 2007 todos los edificios de nueva construcción deben llevar su correspondiente etiqueta de eficiencia energética.....	20
Figura 3: Modelo de etiqueta energética en los edificios.....	21
Figura 4: Ejemplo del formato de etiquetado de la electricidad. ....	25
Figura 5: Embalaje de una Lámpara Fluorescente Compacta y de una Lámpara Incandescente. ....	28
Figura 6: Logotipo de la Eco-Etiqueta .....	29
Figura 7: El frigorífico es el electrodoméstico que más energía consume.....	30
Figura 8: Modelo de presentación de la mezcla de producción a nivel nacional .....	37
Figura 9: Modelo de presentación de la comparativa de la empresa suministradora y la media nacional en emisiones de CO <sub>2</sub> y de residuos radiactivos.....	38
Figura 10: Anverso y reverso de una factura de la luz .....	41
Figura 11: Zoom de la parte de la factura donde se representan los datos del etiquetado de la compañía comercializadora .....	42
Figura 12: Aspecto inicial al iniciar el programa LIDER.....	44
Figura 13: Formulario principal de la aplicación.....	46
Figura 14: Forma de árbol que va tomando el proyecto al cargar desde la base de datos los materiales, cerramientos, vidrios, marcos y huecos .....	48
Figura 15: Formulario de opciones en la pestaña de Espacio de Trabajo .....	49
Figura 16: Planta definida sobre el espacio de trabajo .....	49
Figura 17: Cerramientos verticales de un edificio ejemplo generados automáticamente .....	50
Figura 18: Vista 3D del centro comercial de Salamanca (fachada norte).....	53
Figura 19: Datos básicos de localización y utilización del Centro comercial de Salamanca .....	55
Figura 20: Vista de perfil del edificio CENTRO COMERCIAL de Salamanca.....	56
Figura 21: Vista en superior de la planta tipo 3.....	57
Figura 22: Mando de operación y control T del agua circuito de agua fría.....	59
Figura 23: Modo de operación y control T del agua circuito de agua caliente Plantas enfriadoras .....	60
Figura 24: Esquema de la sección de una UTA del centro comercial de Salamanca ...	63
Figura 25: Ventana emergente para la edición de espacios.....	68
Figura 26: Formulario de descripción y geometría de la planta baja del CC. De Salamanca .....	69
Figura 27: Formulario de ocupación equipos e infiltración de la planta baja del CC. De Salamanca.....	70
Figura 28: Parámetros definidos para la iluminación del edificio.....	71
Figura 29: Clases de eficiencia energética.....	78
Figura 30: Etiqueta global de eficiencia energética C.C de Salamanca.....	79
Figura 31: calificación energética del edificio con los parámetros: VEEI=3,5 ; $P_{ilum}=2,2 \text{ W/m}^2$ ; $E_m=62,86 \text{ lux}$ .....	86
Figura 32: Calificación energética global del edificio: VEEI=3 ; $P_{ilum}=15 \text{ W/m}^2$ ; $E_m=500 \text{ lux}$ .....	88



<i>Figura 33: Calificación energética detallada del edificio: <math>VEEI=3</math> ; <math>P_{ilum}=15 \text{ W/m}^2</math> ; <math>E_m= 500 \text{ lux}</math> .....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 34: Contribución de cada demanda a las emisiones de <math>\text{CO}_2</math>: <math>VEEI=3</math> ; <math>P_{ilum}=15 \text{ W/m}^2</math> ; <math>E_m= 500 \text{ lux}</math> .....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 35: Captura de pantalla del menú Datos generales.....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 36: Toda la energía demandada por el edificio es generada con fuentes de energía renovables .....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 37: Etiqueta energética del centro comercial con un consumo total de electricidad verde/eficiente.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 38: Calificación energética detallada del centro comercial con un consumo total de electricidad verde/eficiente.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 39: Emisiones de <math>\text{CO}_2</math> por cada demanda en el caso de con un consumo total de electricidad verde/eficiente.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 40: Input del edificio para un 100% de contratación de energía verde y con los parámetros: <math>VEEI=3</math> ; <math>P_{ilum}=15 \text{ W/m}^2</math> ; <math>E_m= 500 \text{ lux}</math>.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 41: :Calificación energética detallada del edificio con 100% de contratación de electricidad verde y <math>VEEI=3</math> ; <math>P_{ilum}=15 \text{ W/m}^2</math> ; <math>E_m= 500 \text{ lux}</math>.....</i>	<i>105</i>



# Índice de tablas

Tabla 1: Porcentaje de utilización de energía para producción en España en el año 2007.....	17
Tabla 2: Tabla resumen del alcance económico de la iluminación en distintos sectores .....	27
Tabla 3: Propiedades de las bombas del CENTRO COMERCIAL de Salamanca .....	58
Tabla 4: Rendimientos y tipo de control de las bombas del CENTRO COMERCIAL de Salamanca .....	58
Tabla 5: Parámetros de los circuitos del CENTRO COMERCIAL de Salamanca .....	59
Tabla 6: Características básicas de las enfriadoras del centro comercial de Salamanca .....	61
Tabla 7: Conexiones a circuitos .....	61
Tabla 8: Características de las calderas del centro comercial de Salamanca .....	62
Tabla 9: Parámetros de los ventiladores de impulsión y de retorno del centro comercial de Salamanca .....	65
Tabla 10: Parámetros de los ventiladores de impulsión y de retorno del centro comercial de Salamanca .....	65
Tabla 11: Características de las baterías de frío del centro comercial de Salamanca ..	66
Tabla 12: Características de las baterías de calor del centro comercial de Salamanca .....	66
Tabla 13: Enfriamiento gratuito .....	67
Tabla 14: Recuperadores de calor .....	67
Tabla 15: Coeficientes de conversión a energía primaria y de paso a emisiones de CO <sub>2</sub> .....	77
Tabla 16: Indicadores de eficiencia energética .....	80
Tabla 17: Fuentes de energía del C.C de Salamanca .....	81
Tabla 18: Consumo de energía del centro comercial de Salamanca .....	82
Tabla 19: Resumen de características para la iluminación mejorada del centro comercial .....	88
Tabla 20: Consumo de energía: $VEEI=3$ ; $P_{ilum}=15 \text{ W/m}^2$ ; $E_m=500 \text{ lux}$ .....	90
Tabla 21: Consumo de energía del C.C de Salamanca con $E_m=62,86 \text{ lux}$ , $VEEI=7$ y una $P_{ilum}=4,4$ .....	94
Tabla 22: Consumo de energía del C.C de Salamanca en el caso de con un consumo total de electricidad verde/eficiente .....	98
Tabla 23: Tabla resumen de la influencia de la contratación de electricidad verde en el etiquetado .....	99
Tabla 24: Evolución de las emisiones y del consumo de energía en función de la energía verde contratada .....	100
Tabla 25: Tabla resumen de la influencia de la contratación de electricidad verde en el etiquetado, con los parámetros: $VEEI=3$ ; $P_{ilum}=15 \text{ W/m}^2$ ; $E_m=500 \text{ lux}$ .....	103
Tabla 26: Comparación de la influencia en el etiquetado entre mejoras en la contratación de energía verde, frente a mejoras conjuntas: iluminación + energía verde .....	105



<i>Tabla 27: Evolución de las emisiones y del consumo de energía en función de la energía verde contratada con los parámetros: <math>VEEI=3</math> ; <math>P_{ilum}=15 \text{ W/m}^2</math> ; <math>E_m= 500 \text{ lux}</math> .....</i>	<i>106</i>
---	------------



# Índice de gráficas

<i>Gráfica 1: Desglose de participación en consumo de energía primaria en España .....</i>	<i>15</i>
<i>Gráfica 2: Control progresivo.....</i>	<i>72</i>
<i>Gráfica 3: Control progresivo/apagado .....</i>	<i>73</i>
<i>Gráfica 4: Control por etapas.....</i>	<i>73</i>
<i>Gráfica 5: Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> del C.C de Salamanca .....</i>	<i>81</i>
<i>Gráfica 6: Dependencia de la etiqueta energética con respecto a varios porcentajes de la demanda en forma de electricidad verde consumida. ....</i>	<i>100</i>
<i>Gráfica 7: Evolución de las emisiones en función de la energía verde contratada.....</i>	<i>101</i>
<i>Gráfica 8: Dependencia de la etiqueta energética con respecto a varios porcentajes de la demanda en forma de electricidad verde consumida con los parámetros: VEEI=3 ; P<sub>ilum</sub>=15 W/m<sup>2</sup> ; E<sub>m</sub>= 500 lux.....</i>	<i>104</i>
<i>Gráfica 9: Comparación de la influencia en el etiquetado entre mejoras en la contratación de energía verde, frente a mejoras conjuntas: iluminación + energía verde .....</i>	<i>106</i>
<i>Gráfica 10: Evolución de las emisiones en función de la energía verde contratada con los parámetros: VEEI=3 ; P<sub>ilum</sub>=15 W/m<sup>2</sup> ; E<sub>m</sub>= 500 lux .....</i>	<i>107</i>





# **Capítulo 1:**

# **AGRADECIMIENTOS**



# 1. Agradecimientos

En primer lugar me gustaría dar las gracias a mi tutora Consuelo por las directrices y la orientación que me ha dado para realizar este proyecto.

También me gustaría agradecer a Manuel, Marisa y Javi, compañeros de la CNE, la ayuda y los consejos que me dieron para afrontar este trabajo, así como en algunos casos documentos y bibliografía que me ha servido de gran ayuda.

A Marijose, Maribel y Alex, que me han acompañado durante todos estos años en la carrera, de los que tanto he aprendido y con los que he disfrutado tanto en clase como en muchos casos, fuera de ella.

Finalmente, y como no podía ser menos, me gustaría dar las gracias a mis padres, mis hermanos y mi novia. Gracias a vuestra motivación he superado la carrera y habéis hecho que las piedras del camino fueran más fáciles de salvar.



## **Capítulo 2:**

# **OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL PROYECTO**



## 2.Objetivos y estructura del proyecto

### 2.1. Objetivos

Partiendo de un centro comercial real, situado en Salamanca, pretendemos estudiar y si es posible mejorar su calificación energética de cara a conseguir un edificio ecológico. Para ello, partiendo de las directrices que da el Código Técnico de la Edificación en relación a la calificación energética de un edificio, nos centraremos en la mejora global del centro comercial a partir del etiquetado energético de los sistemas de iluminación y de consumir electricidad proveniente de fuentes de energía renovables.

Por tanto nuestra hipótesis será: es posible la mejora de la etiqueta energética de un edificio, así como la reducción de sus emisiones de CO<sub>2</sub> introduciendo:

1. iluminación con calificación energética eficiente
2. y consumiendo electricidad suministrada por distribuidoras o comercializadoras que nos garanticen que su energía proviene de fuentes de energía renovables o de cogeneración de alta eficiencia.

### 2.2. Estructura del proyecto

El presente proyecto está dividido en 10 capítulos:

Los tres primeros son los agradecimientos, el índice y los objetivos.

El cuarto capítulo es la introducción, en el cual se hace un análisis del contexto energético actual abordando la necesidad de buscar alternativas sostenibles al nivel de desarrollo tanto internacional como nacional. De aquí sale la justificación de elaborar este proyecto.

Además se introducen los términos de sistema de etiquetado y de certificación energética ya que son la base en la cual están basadas nuestras investigaciones y en general, este documento.



El capítulo quinto desarrolla en profundidad las **garantías de origen** y el **etiquetado de la electricidad**. A parte de definirlos, justifica su utilización, concreta los documentos oficiales de donde proviene y da ejemplos para hacerlos más entendibles.

Es fundamental la comprensión de éstos apartados, ya que a lo largo del proyecto se mencionan a menudo los dos términos y pueden llevar a confusiones si no hemos asimilado su significado.

El capítulo seis se dedica al Lider y Calener GT, dos programas que se utilizan para desarrollar edificios (en este caso del sector terciario) y darnos la calificación energética de estos. El Lider está más centrado en el desarrollo de la estructura del edificio y el Calener en la definición de todos sus sistemas (iluminación, climatización, etc), así como en poner la calificación energética del mismo.

El Lider, y especialmente el Calener GT han sido los programas con los que hemos desarrollado todos los experimentos y se han probado las distintas hipótesis.

“¿Qué hemos hecho?” es el nombre del séptimo capítulo. En él, se acometen todos los experimentos y modificaciones que hicimos a los sistemas del centro comercial (simulándolo dentro del programa Calener GT) en búsqueda de unos resultados óptimos en términos de la calificación energética del edificio.

Las modificaciones llevadas a cabo en el programa se centraron en mejorar dos aspectos: la **iluminación**, poniéndole unas prestaciones correspondientes a una luminaria de clase A; y la **electricidad consumida** por el edificio, siendo esta proveniente de fuentes de energía renovables, es decir, sin emisiones de CO<sub>2</sub>.

En el octavo capítulo se hace un resumen de todos los resultados obtenidos y se sacan las conclusiones de los mismos. Aquí también se ve si realmente se cumple la hipótesis inicial y se proponen mejoras para el futuro.

Los dos últimos capítulos recogen la bibliografía y los anexos respectivamente. En la bibliografía se presenta toda la documentación en el mismo orden en que se ha utilizado, independientemente de si el origen era electrónico o impreso.



## **Capítulo 3:**

# **INTRODUCCIÓN**



## 3.Introducción

### 3.1. Contexto energético actual

#### 3.1.1. Situación energética actual en el mundo

Bien es sabido que la energía que llega a nuestras casas en forma de electricidad, la energía que impulsa los automóviles, barcos, aviones y en general cualquier tipo de energía de la que podamos echar mano para un consumo posterior, proviene en gran parte de materias primas en forma de combustibles fósiles. Esto ha sido así desde la época de la revolución industrial (con las primeras máquinas de vapor alimentadas con carbón allá por el siglo XVIII), aunque existen antiguos documentos chinos que evidencian la explotación de carbón en el siglo XI A.C.

Además del carbón, el petróleo ha sido también un combustible fósil predominante. Su explotación se masificó a partir de 1895, con la aparición de los primeros automóviles, y se extendió hasta tal punto que se dice que en la década de 1957 a 1966 se usó casi la misma cantidad de petróleo que en los 100 años anteriores.

A día de hoy las cantidades de crudo demandadas son exorbitantes; según un informe extraído de la CNE (Comisión Nacional de la Energía) la demanda de crudo en el año 2007 fue de 84,9 millones de Bbl/día (barriles de crudo por día); sabiendo que un barril de crudo equivale a 159 l y que un año tiene 365 días, podemos deducir que en el año 2007 se consumieron alrededor de 4.927.171.000.000 litros de crudo en el mundo.

Este uso tan masificado de los combustibles fósiles no nos ha ocasionado problemas (o por lo menos no éramos conscientes de ello) hasta hace apenas unos 20 o 25 años. Actualmente se puede predecir que queda petróleo hasta el año 2043 (si seguimos al ritmo de consumo actual) y a parte, también conocemos algunas consecuencias más inmediatas de esta sobreexplotación del petróleo mirándolo desde la perspectiva medioambiental. La combustión de hidrocarburos es en buena parte, responsable de la lluvia ácida, el calentamiento global y la contaminación atmosférica por las cenizas así como de muchos de los problemas respiratorios que podemos sufrir las personas.

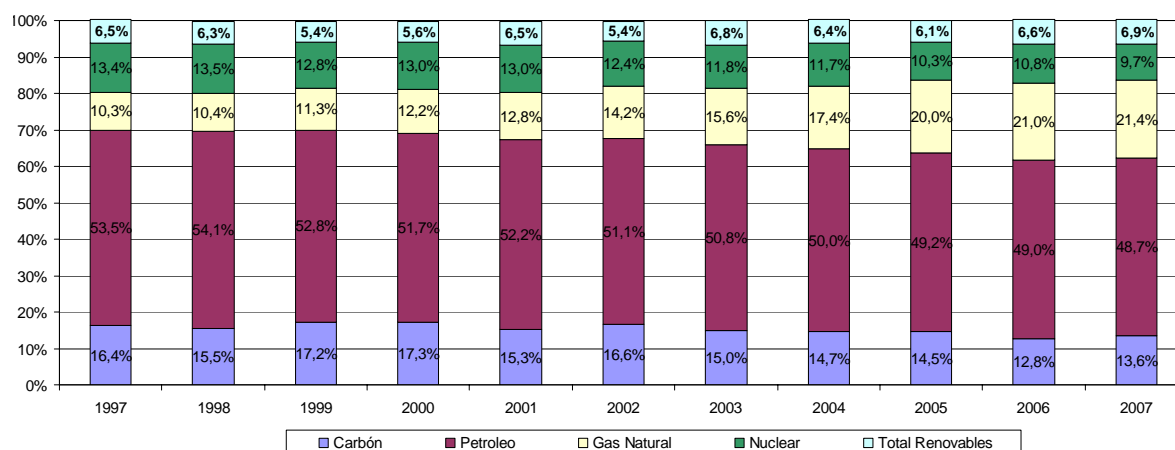
Con esta perspectiva desalentadora merece la pena la búsqueda de soluciones que puedan sustituir esta dependencia que tenemos de los combustibles fósiles, tanto a nivel de ahorro energético en general, como en la inversión en fuentes de energía renovables.

### 3.1.2. Situación energética actual en España

#### 3.1.2.1. Dependencia

España es un país dependiente energéticamente hablando. Ello se debe a que apenas tenemos unos pocos yacimientos de carbón en la zona de Galicia, Teruel, León, Córdoba y Asturias; además esta materia prima es de baja calidad, bajo poder calorífico y una extracción tan costosa que apenas sale rentable los esfuerzos económicos para extraerla. A final de cuentas sale más barato comprar parte de las materias primas al extranjero. Todo esto se ve agravado por las actuales políticas de no proliferación nuclear, que bien es cierto que buscan una mejora en el futuro medioambiental del planeta, tienen por otro lado su consecuencia en los costes globales de la energía.

El gas natural es otra de las materias primas que más demandamos en nuestro país. Ello es debido a la apuesta que hay actualmente por incrementar la generación proveniente de centrales de ciclo combinado debido a su alta eficiencia (cerca del 60% de eficiencia frente al 35% de las térmicas convencionales) lo cual las hace muy atractivas desde el punto de vista económico así como en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>; el problema radica que todo el gas necesario para alimentar estas centrales tenemos que importarlo de terceros países (mayoritariamente de Argelia y Nigeria) lo cual termina por engordar la dependencia total que tiene España en términos de energía.



**Gráfica 1: Desglose de participación en consumo de energía primaria en España**

Aún siendo evidente la carencia que tenemos en materias primas provenientes de hidrocarburos, es justo decir que España tiene una alta explotación en energías renovables; disponemos de un sol envidiable comparado con el resto de Europa y a la



vez hay bastante inversión en energía eólica, también debido a las condiciones óptimas de viento que tenemos en algunas regiones de nuestro país.

Con todo, y de nuevo mirando la gráfica 1 se puede apreciar cómo esta contribución es pequeña en comparación con la energía generada a partir de petróleo, carbón o gas natural.

### 3.1.2.2. Desarrollo sostenible

Definimos desarrollo sostenible como aquel desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo 1987).

El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes (ver figura 1): ambiental, económica y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica.

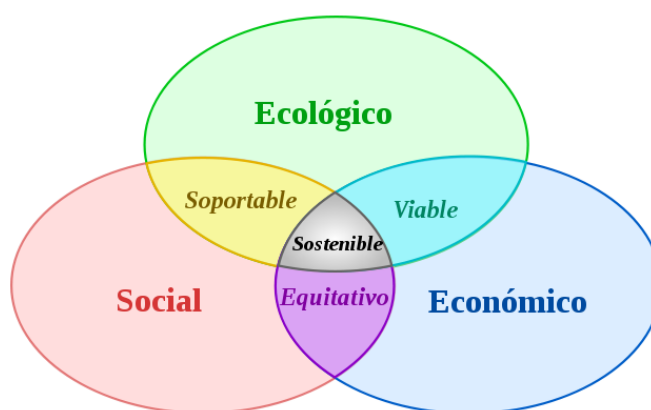


Figura 1: Esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible

Partiendo de estos conceptos existen tecnologías de generación de energía sostenibles desde el punto de vista:

- Económico: porque su implantación produce beneficios dentro de su ciclo de vida
- Social: con respecto a las consecuencias sociales de la actividad de la empresa en todos los niveles: los trabajadores (condiciones de trabajo, nivel salarial, etc), los proveedores, los clientes, las comunidades locales y la sociedad en general, necesidades humanas básicas.
- Ecológica: Con respecto a compatibilidad entre la actividad social de la empresa y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas. Incluye un análisis de

los impactos del desarrollo social de las empresas y de sus productos en términos de flujos, consumo de recursos difícil o lentamente renovables, así como en términos de generación de residuos y emisiones... Este último pilar es necesario para que los otros dos sean estables.

En España se explotan algunas tecnologías para generación de energía que podemos considerar como sostenibles atendiendo a la definición antes hecha. Las tecnologías que más ayudan al desarrollo sostenible son las renovables dentro de las cuales podemos distinguir la tecnología fotovoltaica, la eólica, la térmica solar...

A continuación se muestra una tabla de la importancia relativa de cada una de ellas y el coste en €/kWh.

Coste eléctrico según la fuente de generación (€/kWh)		Porcentaje de la utilización de las diferentes fuentes de energía en España	
HIDRÁULICA	0,05	PETROLEO	48,0 %
CARBÓN IMPORTADO	0,06	CARBÓN	13,6 %
GAS NATURAL	0,07	NUCLEAR	9,7 %
NUCLEAR	0,08	GAS NATURAL	21,7 %
MINIHIDRÁULICA	0,09	<b>ENERGÍAS RENOVABLES</b>	<b>7,0 %</b>
CARBÓN NACIONAL	0,12	1.- Biomasa	3,0 %
GASÓLEO	0,12	2.- Hidráulica	1,6 %
BIOMASA	0,18	3.- Biocarburantes	0,2 %
EÓLICA	0,13	4.- Residuos sólidos urbanos (RSU)	0,4 %
FOTOVOLTAICA	0,60	5.- Eólica	1,6 %
		6.- Solar térmica	0,001 %
		7.- Geotérmica	0,1 %
		8.- Solar fotovoltaica	0,03 %

Tabla 1: Porcentaje de utilización de energía para producción en España en el año 2007

### 3.1.2.3. Medidas para fomentar el ahorro

Ante nuestro objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y asegurar un mundo sostenible a las futuras generaciones, podemos actuar, como ya se ha explicado, invirtiendo en tecnologías renovables. Pero existe una solución mejor: si consumimos menos energía demandaremos menos y al final supondrá un ahorro tanto económico como ecológico.



Desde esta perspectiva es desde donde queremos abordar nuestro proyecto. Se quiere hacer un estudio, a través de un Software para ver qué consumo energético tiene un edificio del sector terciario, proponiendo soluciones para ahorrar energía e incluso ver qué efecto puede tener la contratación de “energía verde” o la instalación de paneles solares.

En última instancia estaremos haciendo un estudio de cuánta energía se puede ahorrar en relación con un edificio estándar.

#### **3.1.2.4. Eficiencia energética**

Siguiendo en la línea anteriormente descrita, ahorrarán más energía aquellas entidades que tengan una buena eficiencia energética frente a aquellas otras cuya eficiencia sea baja.

Es decir, el mejor de los edificios, energéticamente hablando, será el que menos energía necesite para “funcionar” en relación con la envergadura de los servicios que deba cubrir. Por ejemplo unas oficinas que tengan ciertas necesidades de iluminación y temperatura, serán más eficientes si tiene unas grandes ventanas y un buen aislamiento ya que necesitarán comprar menos energía.

Este término de eficiencia energética se aplica también a otros ámbitos, como por ejemplo a los electrodomésticos o a los automóviles donde los más eficientes son los que menos consumen en función de la potencia que deban suministrar.

También es aplicable a la iluminación; de hecho el 1 de septiembre de 2009 se aprobó en el senado la prohibición de la venta de bombillas incandescentes. Es un ejemplo más de la tendencia por lo eficiente y consecuentemente, de trabas hacia lo ineficiente.

Pero, ¿cómo sabemos a priori si algo es eficiente energéticamente? Hasta hace poco no era fácil responder a esta pregunta porque requería de estudios técnicos que podían no ser fácilmente entendibles para una persona no formada para ello.



Actualmente se está apostando por políticas de ahorro que informen cuán eficiente es un aparato, automóvil, edificio, etc. a través de un sencillo sistema de etiquetado, fácilmente entendible por cualquiera. De este modo todo el mundo podrá estar informado a este respecto teniendo entonces la garantía de que aquello que están comprando es eficiente o no.

### **3.2. Sistemas de etiquetado y certificación energética**

Los sistemas de etiquetado provienen de normativas europeas y todos pretenden ponerle una “nota” al aparato o edificio en cuestión para calificarle como eficiente o derrochador.

De esta forma, en España se le está poniendo esta etiqueta a los edificios en nueva construcción (o de grandes remodelaciones), así como a electrodomésticos, automóviles o elementos de iluminación.

A continuación detallaremos un poco más profundamente en qué consiste el etiquetado energético de edificios, ya que el objeto de nuestro trabajo se centra en el etiquetado de un edificio en concreto, estudiando la repercusión que tiene en este la contratación de “energía verde”.

#### **3.2.1. Certificación energética de edificios**

Los edificios de nueva construcción deben disponer de la Certificación de Eficiencia Energética, según establece el Real Decreto 47/2007 en transposición de la directiva 2002/91/CE de Eficiencia Energética de los Edificios. Este certificado, similar al empleado para los electrodomésticos, debe ser entregado a los compradores o arrendatarios y describe las características del edificio. Hay que tener en cuenta que aproximadamente el 20% del consumo energético en España procede de los edificios, por lo que el fomento de la eficiencia energética es una parte importante del conjunto de medidas necesarias para alcanzar los objetivos marcados por el Protocolo de Kioto. Los elementos a tomar en consideración son:

---



- La eficacia de la envolvente térmica.
- El aislamiento.
- La infiltración.
- La ventilación.
- El agua sanitaria.
- La eficacia de los sistemas.
- La incorporación de energías renovables.



**Figura 2: A partir del 31 de octubre de 2007 todos los edificios de nueva construcción deben llevar su correspondiente etiqueta de eficiencia energética**

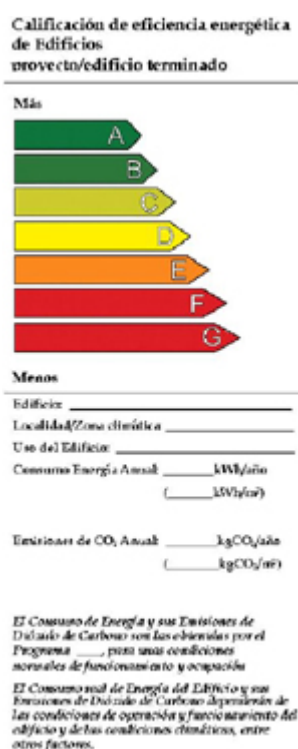
La Certificación de eficiencia energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE.

En lo referente a Certificación Energética, esta Directiva se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. Para los edificios existentes está prevista la elaboración de otro R.D. con anterioridad a enero de 2009.

De acuerdo con el artículo 3 del citado Real Decreto, se crea el Registro general de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico. Está adscrito a la Secretaría General de Energía, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, teniendo carácter público e informativo.

Así mismo, en el artículo 14 del mismo, se crea la Comisión asesora para la certificación de eficiencia energética de edificios como órgano colegiado de carácter permanente que depende orgánicamente de la Secretaría General de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Su misión es la de asesorar a los Ministerios competentes en materias relacionadas con la certificación energética.

Este Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, entrará en vigor 3 meses después de su publicación, siendo voluntaria su aplicación durante un periodo de 6 meses. A partir de ese momento (31 de octubre de 2007), los proyectos de edificios que soliciten licencia de obras deberán cumplir la normativa establecida en este R.D.



**Figura 3: Modelo de etiqueta energética en los edificios**

En este certificado, y mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asignará a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

Para la obtención de la escala de calificación, en nuestro país se ha realizado un estudio específico en el que se detalla el procedimiento utilizado para obtener los límites de dicha escala en función del tipo de edificio considerado y de la climatología de la

localidad. Este procedimiento ha tomado en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y, en particular, la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 15217 “Energy performance of buildings: Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings”.

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones:

- La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático; y la opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta.
- La opción general se basa en la utilización de programas informáticos que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el RD 47/2007. Se ha desarrollado un programa informático de referencia denominado Calener, promovido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del IDAE y la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda.

Este programa cuenta con dos versiones:

- Calener\_VYP, para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (Equipos autónomos).
- Calener\_GT, para grandes edificios del sector terciario.

La utilización de programas informáticos distintos a los de referencia está sujeta a la aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios. Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establece en el Documento de Condiciones de Aceptación de Procedimientos Alternativos a Líder y Calener.

La opción simplificada consiste en la obtención de una clase de eficiencia a partir del cumplimiento por parte de los edificios afectados de unas prescripciones relativas tanto a la envolvente del edificio como a los sistemas térmicos de calefacción, refrigeración,

agua caliente sanitaria e iluminación. El conjunto de estas prescripciones se denomina solución técnica.

Para la utilización de la opción simplificada es necesaria la proposición de soluciones específicas que tendrán la consideración de documentos reconocidos previa aprobación de los mismos por parte de la Comisión Asesora para la Certificación Energética de Edificios.

Esta aprobación se hará de acuerdo con los criterios que se establecen en el Documento de condiciones de aceptación de Procedimientos Alternativos. Procedimientos simplificados de certificación energética.

Está disponible el borrador de un Procedimiento simplificado aplicable a los edificios de viviendas que cumplen estrictamente los requisitos del CTE-HE.

### **3.2.2. El etiquetado de la electricidad y garantías de origen**

Nuestro proyecto se quiere centrar en la repercusión que tendría en la calificación energética de un edificio, el uso de energía verde para alimentar sus instalaciones.

Partiremos de un edificio terciario al cual ya se le ha etiquetado energéticamente (Un centro comercial<sup>1</sup> en Salamanca) y estudiaremos la posibilidad de mejorar su calificación energética suponiendo que dicho edificio se abastece con energía de una comercializadora cuya producción proviene de energías renovables.

El edificio en cuestión tiene una calificación C; nuestra hipótesis será la de mejorar su nota hasta una B o A.

¿Pero cómo sabremos a quién contratar la energía para conseguir nuestro objetivo? La respuesta está en la Circular1/2008, de 7 de febrero, de la Comisión Nacional de

---

<sup>1</sup> Dicho centro comercial es un edificio concreto y real situado en Salamanca; si no mencionamos su nombre real es por temas de confidencialidad. De ahora en adelante en este documento se mencionará dicho edificio simplemente como “centro comercial”



Energía, de información al consumidor sobre el origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medio ambiente.

Concepto y objetivo del etiquetado de la electricidad.

El etiquetado de la electricidad es un mecanismo diseñado con el fin de suministrar información fidedigna y homogénea a los clientes finales acerca de la electricidad que consumen, proporcionándole un formato uniforme, con independencia del comercializador o distribuidor que le ha vendido la energía, con información precisa sobre:

- El desglose de las fuentes de energía que se han utilizado para generar la electricidad que han consumido.
- El impacto ambiental que dicha producción ha originado.

Con este mecanismo el cliente final obtendrá de su comercializadora o distribuidora, según corresponda, información adicional respecto a la mezcla de combustibles utilizada e impacto ambiental que originó la electricidad comercializada el año anterior, así como la posición relativa de ésta frente a la media del sector, incrementando con ello la transparencia del mercado eléctrico. En la figura 4 podemos ver un ejemplo del formato de etiquetado de la electricidad.

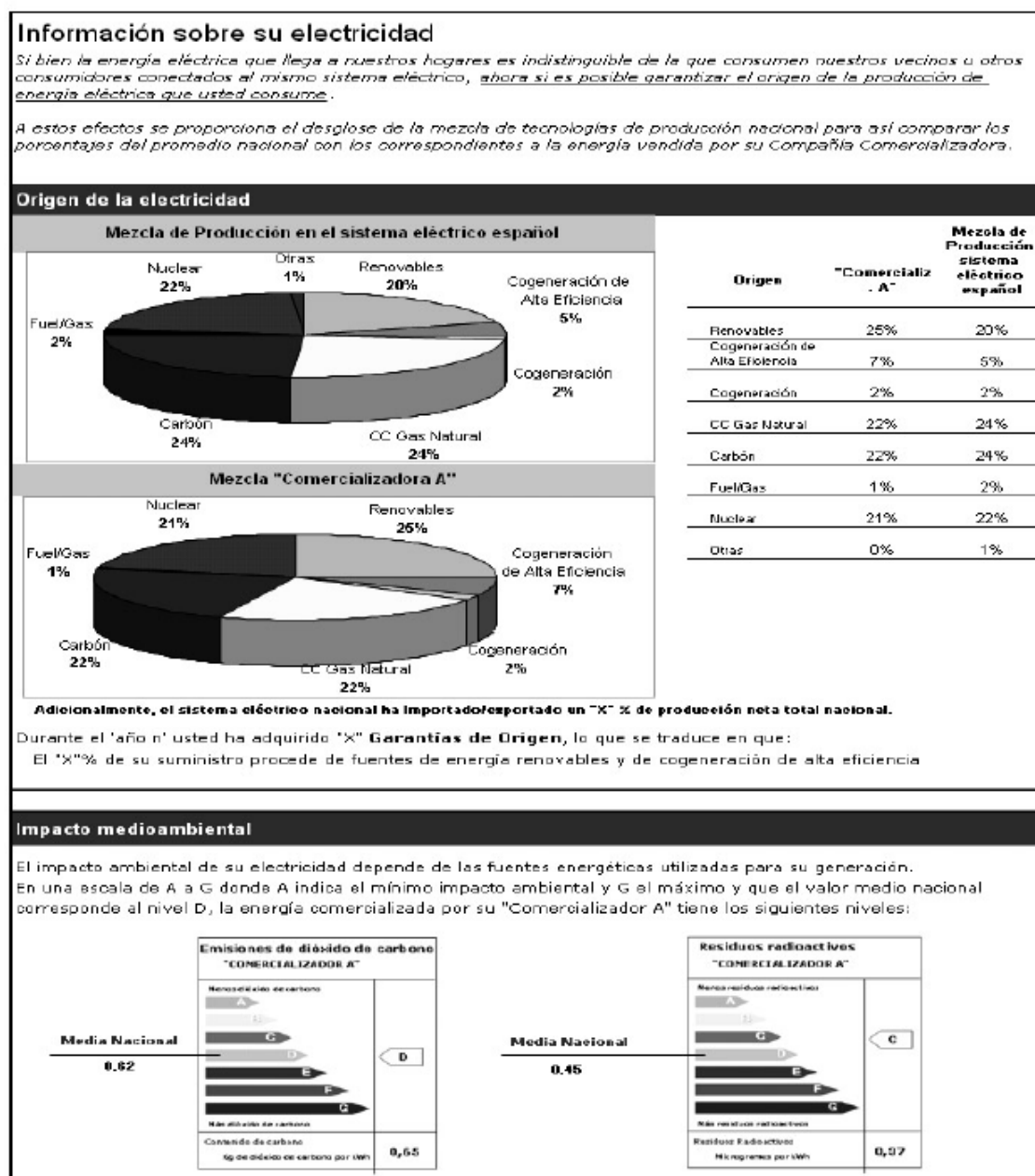


Figura 4: Ejemplo del formato de etiquetado de la electricidad.

La herramienta a utilizar para etiquetar la energía son las Garantías de Origen; según la circular, una empresa que haya adquirido X garantías de origen suministraría una energía la cual procede en un X % de fuentes de energía renovable o de cogeneración de alta eficiencia.

### Concepto de las garantías de origen.



La garantía de origen es una acreditación, expedida a solicitud del interesado, que asegura que un número determinado de kilowatios-hora de energía eléctrica producidos en una central, en un periodo temporal determinado, han sido generados a partir de fuentes de energía renovables o de cogeneración de alta eficiencia.

A los efectos de la expedición de la garantía de origen, los datos a consignar relativos a la instalación generadora de la electricidad, y que identificarán a dicha garantía de origen, serán los que consten, en cada momento, en el Registro administrativo de instalaciones de producción de energía eléctrica, dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Con toda la información disponible ya estamos preparados para abordar nuestro propósito de mejorar la calificación energética del Centro comercial de Salamanca usando como herramienta la contratación de energía verde.

### 3.2.3. Otros sistemas de etiquetado

#### 3.2.3.1. Etiquetado de la iluminación

La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo de las actuales actividades sociales, comerciales e industriales. La tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que, a su vez, son más eficientes energéticamente.

La iluminación representa en muchos edificios un porcentaje elevado del consumo eléctrico. Así, el porcentaje de energía eléctrica dedicado a iluminación puede llegar a alcanzar en algunos casos más del 50 %.

Sector	% de energía eléctrica dedicada a iluminación
Oficinas	50 %
Hospitales	20-30 %
Industria	15 %
Colegios	10-15 %
Comercios	15-70 %
Hoteles	25-50 %
Residencial	10-15 %

**Tabla 2: Tabla resumen del alcance económico de la iluminación en distintos sectores**

Por tanto, existe un gran potencial de ahorro, energético y económico, alcanzable mediante el empleo de equipos eficientes, unido al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar.

La Directiva Europea 92/75/CEE, de 22 de septiembre de 1992, obliga a los fabricantes de lámparas al etiquetado de los productos con el fin de informar sobre sus características energéticas. Por medio del etiquetado energético, es posible conocer el consumo del producto con el fin de comparar con otro de la misma funcionalidad y elegir la opción más eficiente.

Los requisitos de aplicación de esta directiva, en lo que respecta al etiquetado energético de lámparas de uso doméstico, quedan establecidos en la Directiva 98/11/CE de la Comisión de 27 de Enero de 1998. El ámbito de aplicación está compuesto por las lámparas de uso doméstico alimentadas por la red eléctrica (lámparas de filamento, excluyendo las reflectoras, y lámparas fluorescentes compactas integradas) y por las lámparas fluorescentes de uso doméstico (incluidas las tubulares y las fluorescentes



compactas no integrales), incluso cuando se comercialicen para uso no doméstico. Existen siete clases de eficiencia energética, identificadas con una letra desde la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). Si se adquiere una lámpara de clase A, el consumo es casi tres veces menor que si fuera de clase G. Este ahorro energético y, por lo tanto, económico es muy interesante para los hogares y edificios en general.

En el embalaje de las lámparas debe aparecer esta etiqueta, además de la potencia de la lámpara (W), el flujo luminoso (lm) y la vida media (h).

En la figura 5 se muestra el embalaje de una Lámpara Fluorescente Compacta (LFC) de clase energética A y de una Lámpara Incandescente de clasificación energética E.

Las dos lámparas anteriores son equivalentes en flujo luminoso; sin embargo, la clasificada A energéticamente consume un 80 % menos de energía y su vida útil es 10 veces superior, que la incandescente clasificada E.



**Figura 5: Embalaje de una Lámpara Fluorescente Compacta y de una Lámpara Incandescente.**

## ETIQUETADO ECOLÓGICO

Las lámparas, además de poseer la etiqueta energética, pueden poseer la Etiqueta Ecológica Comunitaria o Eco-Etiqueta. La Eco-Etiqueta es un distintivo de calidad ambiental cuyos criterios de concesión están fijados en la Decisión 2002/747/CE de la Comisión de 9 de Septiembre de 2002 aplicable a las lámparas eléctricas de bajo consumo, así como a las lámparas fluorescentes compactas con balasto electrónico y los tubos fluorescentes. No se incluyen en ella lámparas fluorescentes compactas con reactancia magnética, lámparas de proyectores, lámparas fotográficas y lámparas solares.

Para obtener la Eco-Etiqueta las lámparas eléctricas deben no sólo tener un bajo consumo de energía, sino también ofrecer una garantía de vida media superior a las 10.000 horas y un mantenimiento del flujo superior al 70 % pasado ese tiempo.

Un producto con etiqueta ecológica posee las siguientes características:

- Reducción del consumo energético.
- Contenido en mercurio estrictamente limitado.
- Aumento del control de calidad del producto y de su durabilidad.
- Reducción de los residuos gracias al uso de embalajes reciclables.
- Mejor información a los consumidores para un uso óptimo.



**Figura 6: Logotipo de la Eco-Etiqueta**

## BUENAS PRÁCTICAS EN LA ILUMINACIÓN DEL SECTOR TERCIARIO

- Aproveche al máximo la iluminación natural mediante la instalación de células fotosensibles que regulen la iluminación artificial en función de la cantidad de luz natural, o independizando los circuitos de las lámparas próximas a las ventanas o claraboyas.
- Establezca circuitos independientes de iluminación para zonificar la instalación en función de sus usos y diferentes horarios.
- En grandes instalaciones los sistemas de control centralizado permiten ahorrar energía mediante la adecuación de la demanda y el consumo además de efectuar un registro y control que afecta tanto a la calidad como a la gestión de la energía consumida.
- Instale detectores de presencia temporizados en los lugares menos frecuentados (pasillos, servicios, almacenes, etc.).
- Una fuente de ahorro importante es instalar programadores horarios que apaguen o enciendan las luces a una determinada hora.
- Elija siempre las fuentes de luz con mayor eficacia energética en función de sus necesidades de iluminación.

- Emplee balastos electrónicos, ahorran hasta un 30 % de energía, alargan la vida de las lámparas un 50 % y consiguen una iluminación más agradable y confortable.
- Realice un mantenimiento programado de la instalación, limpiando fuentes de luz y luminarias y reemplazando las lámparas en función de la vida útil indicada por los fabricantes.

En nuestro caso, según se ha mostrado en estas líneas, también puede ser interesante adquirir material para iluminación con un alto etiquetado energético, y mejor aún, si tiene Eco-Etiqueta. Al introducir estas tecnologías, y al llevar a cabo esta pequeña guía de buenas prácticas en la iluminación del sector terciario, se estará contribuyendo a la mejora de la eficiencia energética global del edificio, lo cual es uno de los objetivos de este proyecto.

### 3.2.3.2. Etiquetado de electrodomésticos

El frigorífico (figura 7) es el electrodoméstico de los hogares que consume más electricidad, haciendo un uso racional del mismo se consigue un buen ahorro



**Figura 7: El frigorífico es el electrodoméstico que más energía consume**

En los países de la Unión Europea los fabricantes de electrodomésticos están obligados a etiquetar sus productos con la llamada etiqueta energética, con el fin de contribuir al ahorro energético y a la preservación del medio ambiente.

La etiqueta energética es una herramienta informativa que indica la cantidad de energía que consume un electrodoméstico y la eficiencia con que utiliza esa energía, además de otros datos complementarios del aparato. Existen siete clases de etiquetas energéticas que se tipifican, en función de los consumos eléctricos en diferentes colores y con letras del abecedario de la A (Más eficiente) hasta la G (Menos eficiente). De esta manera, los usuarios pueden valorar y comparar en el mismo momento de la compra el rendimiento energético de los distintos modelos de un mismo tipo de electrodoméstico.

Los electrodomésticos que, según la normativa comunitaria, deben llevar obligatoriamente etiqueta energética son los siguientes: Frigoríficos, congeladores y aparatos combinados, lavadoras, secadoras y lava-secadoras, lavavajillas, fuentes de luz, aparatos de aire acondicionado, hornos eléctricos, calentadores de agua y otros aparatos que almacenen agua caliente.

### **3.2.3.3. Etiquetado de automóviles**

En España la etiqueta energética se encuentra disponible también para los coches. Los vehículos clasificados como A y B emiten niveles de CO<sub>2</sub> por debajo del umbral de 120 g/km, los vehículos clasificados como G, en cambio, emiten más del doble.

La etiqueta hace referencia a consumos relativos. Lo que pretende es dar una idea de la eficiencia de los vehículos en comparación con los de similar tamaño (en realidad, el criterio de comparación es el de consumo/superficie en planta), con la idea de orientar al consumidor sobre la eficiencia del vehículo que desea adquirir en un determinado segmento.

No es objeto de nuestro proyecto introducimos más en el etiquetado de automóviles, pero se quería dejar constancia de los distintos tipos de etiquetado existentes y de los más importantes.





## **Capítulo 4:**

# **GARANTÍAS DE ORIGEN Y ELECTRICIDAD VERDE/EFICIENTE**



## 4. Garantías de origen y electricidad verde/eficiente

### 4.1. Garantías de origen

#### 4.1.1. Normativa

La Normativa que rige las garantías de origen es la Orden ITC/1522/2007 de 24 de mayo.

Como ya se ha especificado antes la garantía de origen es una acreditación expedida a solicitud del interesado, que asegura que un número determinado de kilowatios-hora han sido generados a partir de fuentes de energía renovables o de cogeneración de alta eficiencia<sup>2</sup>.

Esta acreditación va siempre pareja de un número determinado de kilowatios-hora generados en un periodo de tiempo determinado. Es decir, si una empresa a generado una cierta cantidad de energía, a lo largo de, por ejemplo un mes, a partir de fuente de energía renovables, esos kilowatios-hora tendrán un cierto número de garantías de origen asociados. Cuando esa energía en concreto se venda, sus garantías de origen asociadas irán también a manos del comprador, ya que la acreditación de las garantías de origen es como si fuera la marca de un producto, nada más que nuestro producto es energía.

Por este motivo, cuando esa energía “verde” se venda, la garantía de origen pasará a manos del comprador, y cuando finalmente se consuma, la garantía de origen se extinguirá.

La CNE es la encargada de la expedición de las garantías de origen. Para ello establecerá un sistema de anotaciones en cuenta de la garantía de origen de la electricidad “verde”. En dicho sistema de anotaciones en cuenta, se mantendrá información sobre la cantidad de garantías de origen expedidas, así como la transferencia de las mismas.

¿Cuál es el objetivo de todo esto? El objetivo podríamos decir que es doble:

---

<sup>2</sup> La cogeneración de alta eficiencia es la que cumple los criterios establecidos en el anexo III del Real Decreto 616/2007 del 11 de mayo sobre fomento de la cogeneración.

- por un lado de marketing, ya que por ejemplo un centro comercial que certifique que consume energía “verde” tiene mayor posibilidad de captar clientes concienciados medioambientalmente. La compra de energía con garantías de origen es posible mediante contratos bilaterales y es una práctica común entre las empresas de cierta envergadura. De hecho es posible comprar toda la energía a un generador con fuentes de energía renovable, o a una comercializadora que tenga un mix en el origen de su energía, pero exigiéndole que toda la energía que se compra sea de origen renovable; esto es posible porque esos Kwh. vienen acompañados de su “marca”, es decir de sus garantías de origen y así llegará al consumidor final.
- el segundo objetivo viene de la mano del primero, y es el beneficio medioambiental. Cuanta más energía verde se demande, mayor porcentaje de la generación provendrá de energías limpias y menor será el impacto que tenga sobre el medio ambiente.

#### **4.1.2. Procedimiento**

##### **4.1.2.1. Procedimiento de solicitud**

El titular de una instalación de generación de energía eléctrica podrá solicitar a la CNE, con carácter voluntario, la expedición de las garantías de origen de la energía eléctrica generada en la instalación a partir de fuentes renovables o de cogeneración de alta eficiencia durante un periodo de tiempo que deberá ser múltiplo a meses naturales. Junto con la solicitud el interesado deberá presentar entre otras cosas:

- Información sobre la energía y periodo para el que se solicitan las garantías de origen
- Declaración de mediciones eléctricas durante el periodo de tiempo correspondiente, para asegurar el origen de la energía
- En algunos casos el informe del encargado de la lectura que acredite el cumplimiento de lo dispuesto en el reglamento

##### **4.1.2.2. Procedimiento de expedición**

La Comisión Nacional de la Energía, tras verificar la información aportada en la solicitud, procederá a la expedición, que consistirá en una anotación en la cuenta correspondiente de la electricidad producida.



La expedición de la garantía de origen se llevará a cabo por la producción neta efectivamente generada (medida en Kwh.) con fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia en el periodo señalado.

La expedición de la garantía de origen tendrá lugar antes del 28 de febrero de cada año y cubrirá las garantías de origen correspondientes al año anterior, y se entenderá realizada a favor del titular de la instalación, que será el tenedor inicial de las mismas.

#### **4.1.2.3. Procedimiento de cancelación**

Los motivos (entre otros) de la cancelación de una garantía de origen serán:

- Por redención, es decir, por la venta de la garantía de origen a un consumidor final.
- A medida que el tenedor vaya asignando las garantías de origen a los clientes en sus facturas, deberá solicitar a la CNE su cancelación por redención.
- Por caducidad de las mismas, si no se han vendido un año después de su expedición.

### **4.2. Electricidad verde/eficiente: Etiquetado de la electricidad**

#### **4.2.1. Normativa**

La normativa del etiquetado de la electricidad proviene de la circular 1/2008, de 7 de Febrero, de la Comisión Nacional de la Energía y trata sobre la información que se le debe dar al consumidor sobre el origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medio ambiente.

El objetivo de la circular es establecer el proceso que usará la CNE para la obtención de información que, comercializadores y distribuidores que vendan electricidad a clientes finales, deben proporcionar a estos acerca del origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medio ambiente.



Para entrar en materia, se podría definir el etiquetado de la electricidad como un mecanismo diseñado con el fin de suministrar información fidedigna y homogénea a los clientes finales acerca de la electricidad que consumen, proporcionándoles un formato uniforme, con independencia del comercializador o distribuidor que le ha vendido la energía, con información precisa sobre:

- El desglose de las fuentes de energía que se han usado para generar la electricidad que han consumido
- El impacto ambiental que dicha producción ha originado

Con este mecanismo el cliente final obtendrá de su suministradora o distribuidora, según proceda, información adicional respecto a la mezcla de combustibles utilizada e impacto medioambiental que originó la electricidad comercializada el año anterior, así como la posición relativa de ésta frente a la media del sector, incrementando con ello la transparencia del mercado eléctrico.

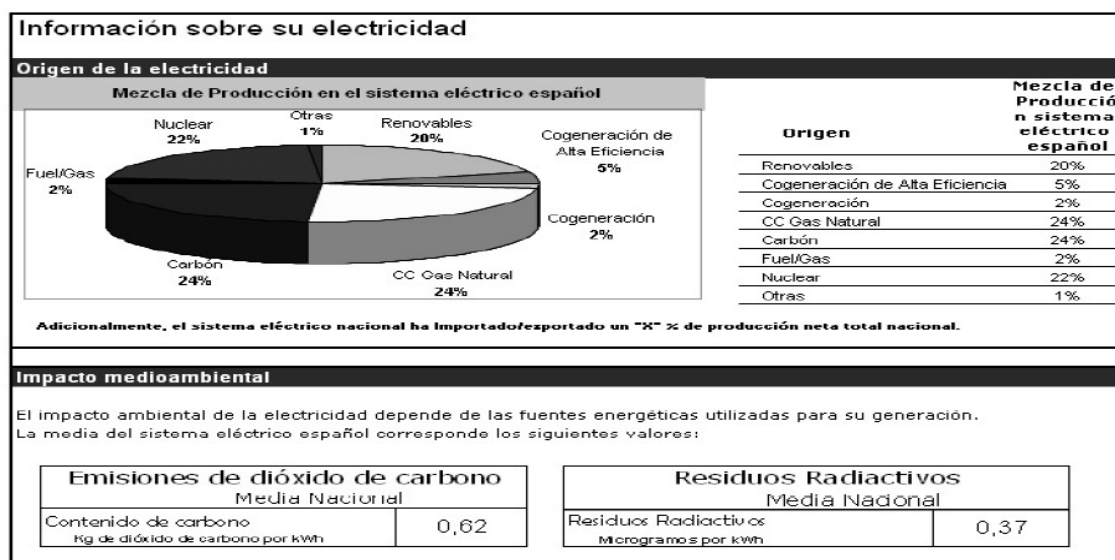
#### **4.2.2. Procedimiento de presentación**

Toda empresa suministradora o distribuidora que venda electricidad a clientes finales deberá presentar en sus facturas lo siguiente:

- La contribución de cada fuente de energía primaria en la mezcla global de las fuentes de energía primarias utilizadas para producir electricidad en el conjunto del sistema eléctrico español durante el año anterior
- Información sobre el impacto en el medio ambiente en cuanto a emisiones totales de CO<sub>2</sub> y los residuos radiactivos de alta actividad habidos en el sector eléctrico en el año anterior.
- La contribución de cada fuente de energía primaria en el conjunto de la energía eléctrica suministrada por la empresa comercializadora durante el año anterior, así como su impacto ambiental asociado
- El número de garantías de origen redimidas a favor de los clientes finales en el año anterior.

El modo de presentación será el estándar reflejado en el anexo II de la circular 3173 1/2008 y que mostramos más abajo en la siguiente figura:





**Figura 8: Modelo de presentación de la mezcla de producción a nivel nacional**

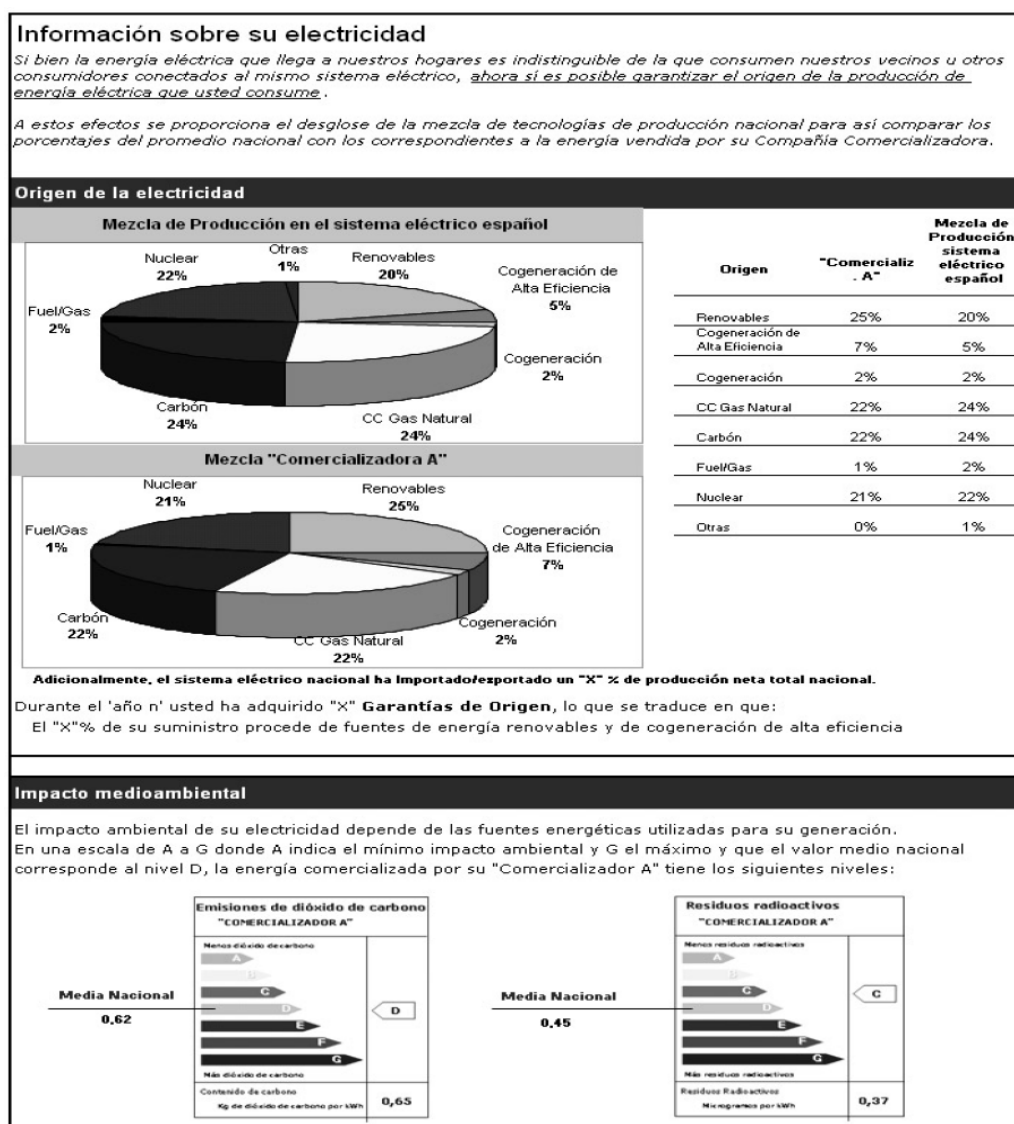


Figura 9: Modelo de presentación de la comparativa de la empresa suministradora y la media nacional en emisiones de CO<sub>2</sub> y de residuos radiactivos

### 4.2.3. Procedimiento de cálculo

#### 4.2.3.1. Obtención de los datos eléctricos para la mezcla de producción y comercialización

El Operador del Sistema pondrá a disposición de la Comisión Nacional de Energía, antes del 1 de marzo de cada año, los datos relativos a la producción neta de electricidad en barras de central correspondiente al año anterior en el conjunto del sistema eléctrico español en dicho periodo.

Dicha información será proporcionada en kWh y porcentajes relativos, de acuerdo a la contribución de cada fuente energética primaria en la mezcla global de energías

primarias utilizadas para producir la electricidad, desglosando por tecnologías según la fuente de energía principal, en Régimen Ordinario (Hidráulica, Nuclear, Carbón, Fuel/Gas, Ciclo Combinado y en su caso Cogeneración), y en Régimen Especial.

Adicionalmente, el Operador del Sistema deberá proporcionar el consumo en barras de central en kWh de los distintos comercializadores en el conjunto del sistema eléctrico español correspondiente al año anterior.

La Comisión Nacional de Energía verificará la información recibida del Operador del Sistema correspondiente al Régimen Especial con los datos existentes en el Sistema de Información y Control del sector eléctrico (SINCRO), adoptándose las decisiones que correspondan en su caso al objeto de obtener la mezcla de producción.

Para la obtención de la Mezcla de Comercialización la Comisión Nacional de Energía tendrá en cuenta las garantías de origen expedidas y las garantías de importación y exportación correspondiente al año anterior, separadas por tipo de energía.

Las fórmulas utilizadas para la obtención, por parte de la Comisión Nacional de la Energía, de la mezcla de producción nacional clasificada, de producción nacional rectificada, mezcla de comercialización y la mezcla de comercialización a una empresa comercializadora, vienen reflejadas en el anexo I de la circular 3173 1/2008 y también se ha incluido como anexo en este proyecto.

#### **4.2.3.2. Obtención del impacto ambiental asociado**

La Comisión Nacional de Energía utilizará fuentes oficiales para obtener la información relativa a las emisiones de CO<sub>2</sub> que se han generado en el sistema eléctrico nacional, con el detalle de las emisiones específicas y totales de CO<sub>2</sub>. Dicha información será la obtenida durante el año anterior (año 'n') o, en caso de no disponer de dicha información para el ejercicio señalado, utilizará los datos de emisiones correspondientes al ejercicio inmediatamente anterior (año 'n-1').

La Comisión Nacional de Energía utilizará fuentes oficiales para obtener la información relativa a las emisiones de residuos radioactivos de alta intensidad que se han generado en el sistema eléctrico nacional en el ejercicio anterior (año 'n'). Para ello calculará la media aritmética anual de los tres últimos años de los que se disponga de información, correspondiente a las toneladas de residuos radioactivos de alta intensidad generados



por aquellas centrales que hayan estado operativas en el año ‘n’, al objeto de contemplar los diferentes ‘ciclos de recarga’ de las distintas centrales nucleares

Las fórmulas utilizadas para la obtención, por parte de la Comisión Nacional de la Energía, de las Garantías de origen redimidas así como del impacto medioambiental, vienen reflejadas en el anexo I de la circular 3173 1/2008 y también se ha incluido como anexo en este proyecto.

#### **4.2.4. Ejemplos**

A continuación se presenta una factura de la electricidad, que corresponde a una vivienda particular. En ella han sido censurados los datos personales del cliente y la publicidad adicional incluida en el reverso de la factura.

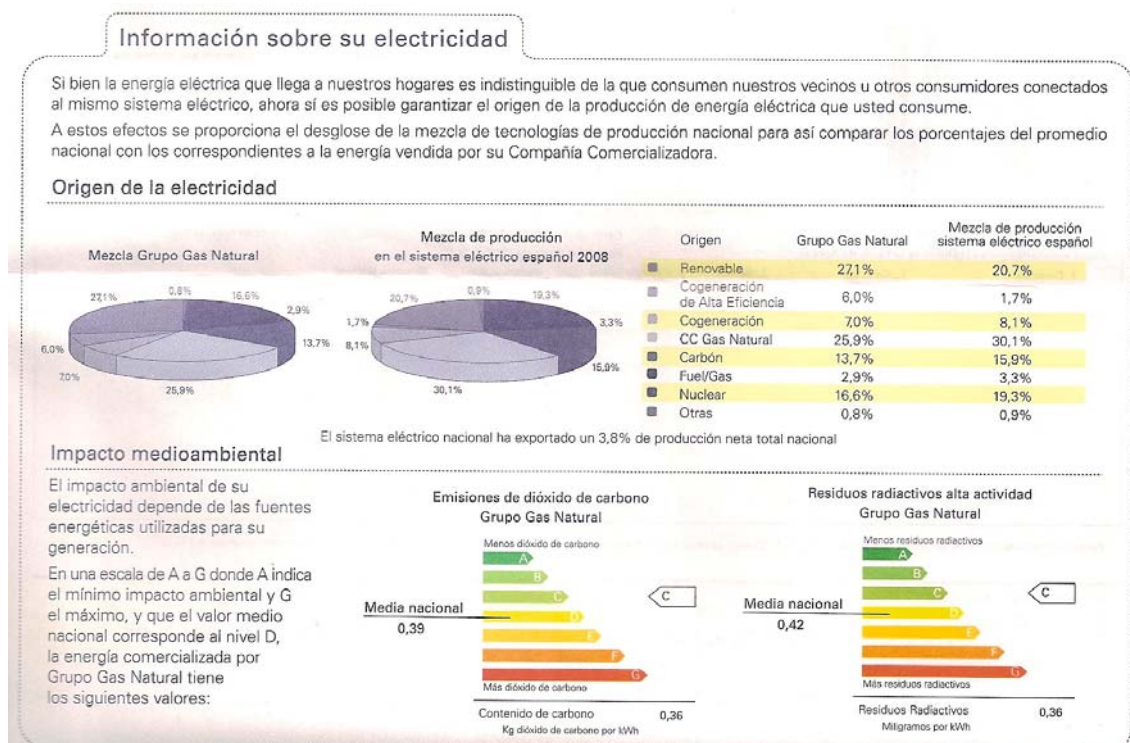
Si nos fijamos en figura 10 podemos ver cómo en una factura normal proporcionada por nuestra comercializadora habitual (en este caso Unión Fenosa + Gas Natural) han de mostrar:

- por una cara el recibo con el historial de consumo eléctrico y demás gastos asociados
- por la otra cara (a parte de la publicidad externa que muestran algunas compañías) las tablas y gráficos que habíamos comentado a lo largo del apartado 4.2.

En este ejemplo en concreto vemos que esta comercializadora tiene una proporción de producción con energías renovables y cogeneración de alta eficiencia mayor que la media nacional. Consecuentemente, su contribución a las emisiones de CO<sub>2</sub> y a la generación de residuos radiactivos es menor. Mientras que la media nacional se sitúa en D con un índice de 0,39 y 0,42 para las emisiones de dióxido de carbono y los residuos radiactivos respectivamente, la comercializadora en concreto tiene una calificación de C con unos índices de 0,36 y 0,36. Es decir, el contratar la energía a esta compañía significa cubrir nuestra demanda eléctrica, contribuyendo con un menor impacto ambiental.







**Figura 11: Zoom de la parte de la factura donde se representan los datos del etiquetado de la compañía comercializadora**

**Capítulo 5:**

**LIDER Y CALENER:**

**FUNCIONAMIENTO EN GENERAL Y**

**EN PARTICULAR, SISTEMAS QUE**

**CONSUMAN ELECTRICIDAD**



## 5.Lider y Calener : funcionamiento en general y en particular, sistemas que consuman electricidad

### 5.1. Lider

La aplicación LIDER es la implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia básica de Limitación de demanda energética HE-1, recogida en el documento básico de ahorro de energía HE del código técnico de la edificación.

Mediante esta herramienta informática se realizan la descripción geométrica, constructiva y operacional del edificio.



Figura 12: Aspecto inicial al iniciar el programa LIDER

Con la aplicación LIDER que se va a emplear se pueden definir edificios de cualquier tamaño, pero existen algunas limitaciones que se exponen a continuación:

- El número de espacios del edificio debe ser menor de 100.
- El número de elementos del edificio debe ser menor de 500.

Además, dado que el edificio se va a exportar al programa CALENER\_GT para su calificación, se deben cumplir algunas condiciones adicionales:

- Los polígonos que definen las plantas y espacios no deben tener más de 30 vértices.
- Los cerramientos deben tener un máximo de 9 capas.
- Los valores del peso de los cerramientos presentan unos límites inferior y superior. Los valores máximos de las propiedades de los materiales de construcción son:

Conductividad térmica  $k=51.9 [W/mK]$

Densidad  $\rho=8009 [Kg/m^3]$

Calor específico  $Cp=20.919 [KJ/KgK]$

- si el material se define por su resistencia térmica  $Rt=7 [m^2K/W]$
- El porcentaje de hueco ocupado por el marco debe ser inferior al 100%
- Los identificadores de los elementos no deben superar los 30 caracteres (que serán exclusivamente letras y números)

Estos requisitos deben respetarse para garantizar la compatibilidad entre LIDER y CALENER\_GT.

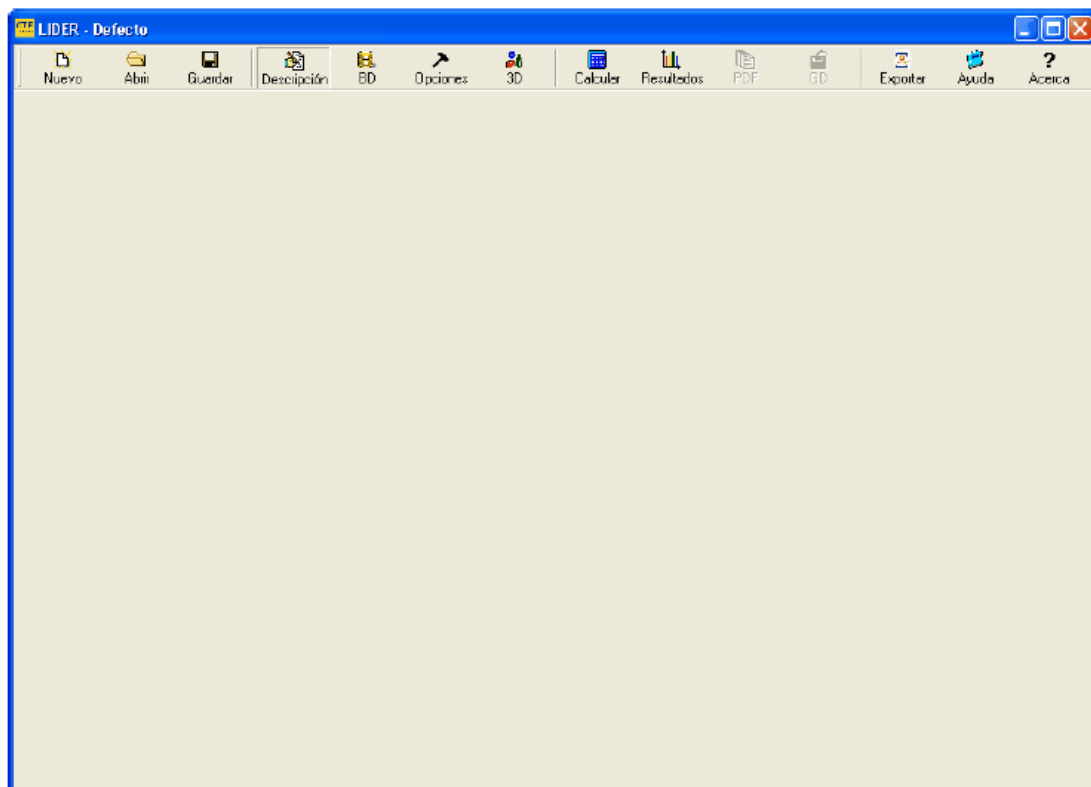
En nuestro caso, partimos de un edificio terciario (El Centro comercial de Salamanca) que inicialmente ya ha sido introducido, por la empresa de ingeniería, en el programa. Por tanto la edición completa del edificio en LIDER ha sido ajena a nosotros ya que no era el objeto de nuestro trabajo.

Aún así, se pasará a explicar sin adentrarnos mucho en el funcionamiento, la composición general del programa.

### 5.1.1. Estructura del Lider

Al iniciar la aplicación aparece en pantalla el formulario principal. En él se encuentra una barra de herramientas, que da acceso a los distintos módulos del programa, y una zona inferior, en la que se visualizarán los distintos formularios del trabajo.





**Figura 13: Formulario principal de la aplicación**

Los botones de la parte superior dan acceso a cada una de las partes de la aplicación, encontrándose ordenados de manera que la secuencia a seguir en el proceso de definición del edificio sea ir utilizándolos de izquierda a derecha.

- Nuevo: Crea un nuevo proyecto. Abre automáticamente el formulario “Descripción”
- Abrir: Abre un proyecto previamente guardado.
- Guardar: Permite guardar el proyecto actual.
- Descripción: Con el botón descripción se accede al formulario que contiene los datos generales del proyecto, como localización, condiciones o autor.
- BD: Da acceso a la Base de Datos. Se puede acceder a las bases de datos de cerramientos y de materiales del programa, u otras bases de datos compatibles, como la del usuario, para seleccionar los que se utilizarán en el proyecto actual.
- Opciones: Desde el botón opciones se accede a las propiedades generales del programa, así como a los formularios que asignan valores por defecto a los

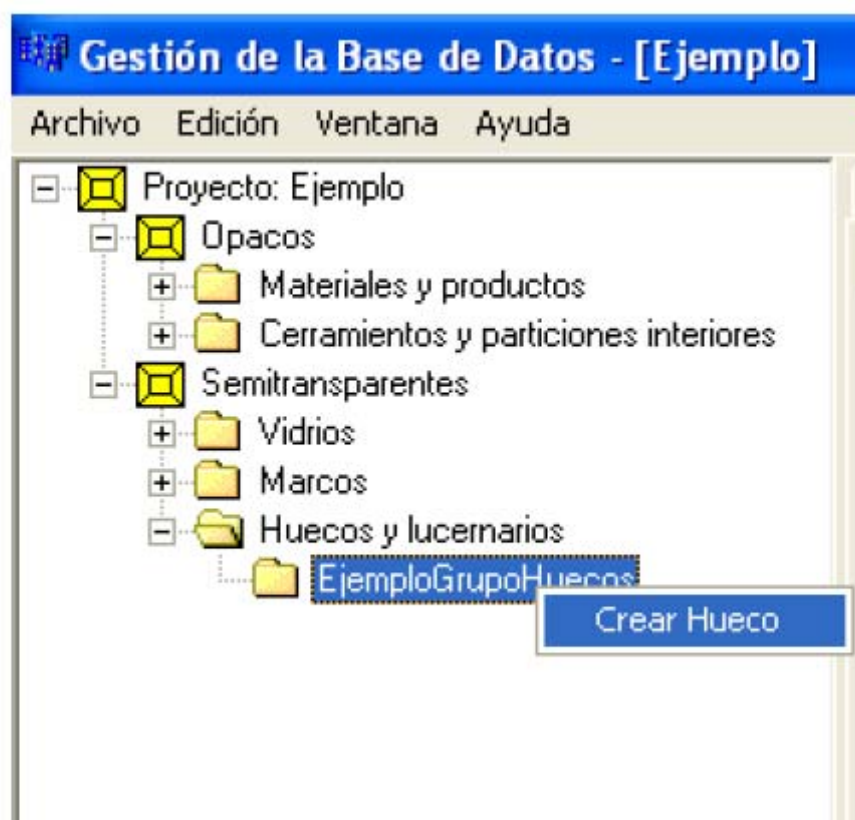
elementos del edificio. Valores importantes que deben ser definidos en estos formularios son las construcciones de los distintos tipos de cerramientos y los tipos de huecos que se utilizarán por defecto en las ventanas.

- 3D: Muestra la representación 3D del edificio y los objetos que lo rodean. Desde este formulario se define la geometría del edificio.
- Calcular: Inicia el proceso de verificación de las exigencias de limitación de la demanda energética.
- Resultados: Permite revisar los resultados obtenidos en el proceso de cálculo.
- PDF: Permite revisar el informe de verificación e imprimirlo en el caso de que resulte conforme a las exigencias.
- GD: Permite guardar el archivo de control para la verificación administrativa del informe impreso por el programa.
- Exportar: Permite exportar al Calener la definición geométrica y constructiva del edificio para calcular la certificación energética a través de Calener Gran Terciario.
- Calener: Al pulsarlo se abre Calener Gran Terciario, en el caso de que esté instalado.
- Ayuda: Permite acceder a la información de ayuda en pantalla.
- Acerca: Proporciona información acerca del programa.

A continuación se mostrarán algunas figuras que representan algunas de las funciones del programa:







**Figura 14:** Forma de árbol que va tomando el proyecto al cargar desde la base de datos los materiales, cerramientos, vidrios, marcos y huecos

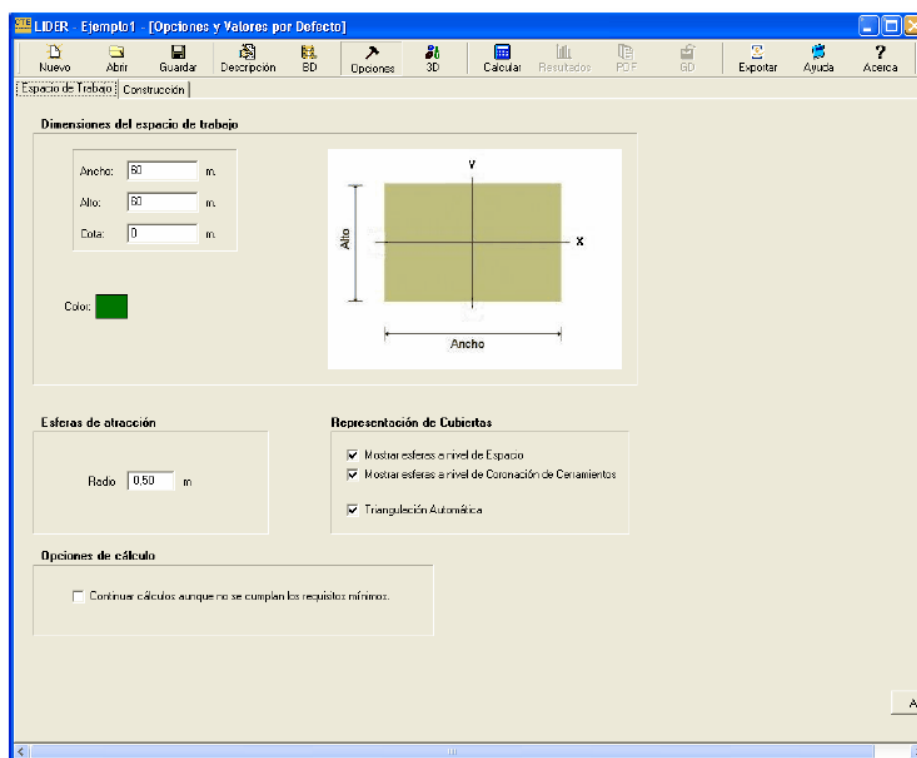


Figura 15: Formulario de opciones en la pestaña de Espacio de Trabajo

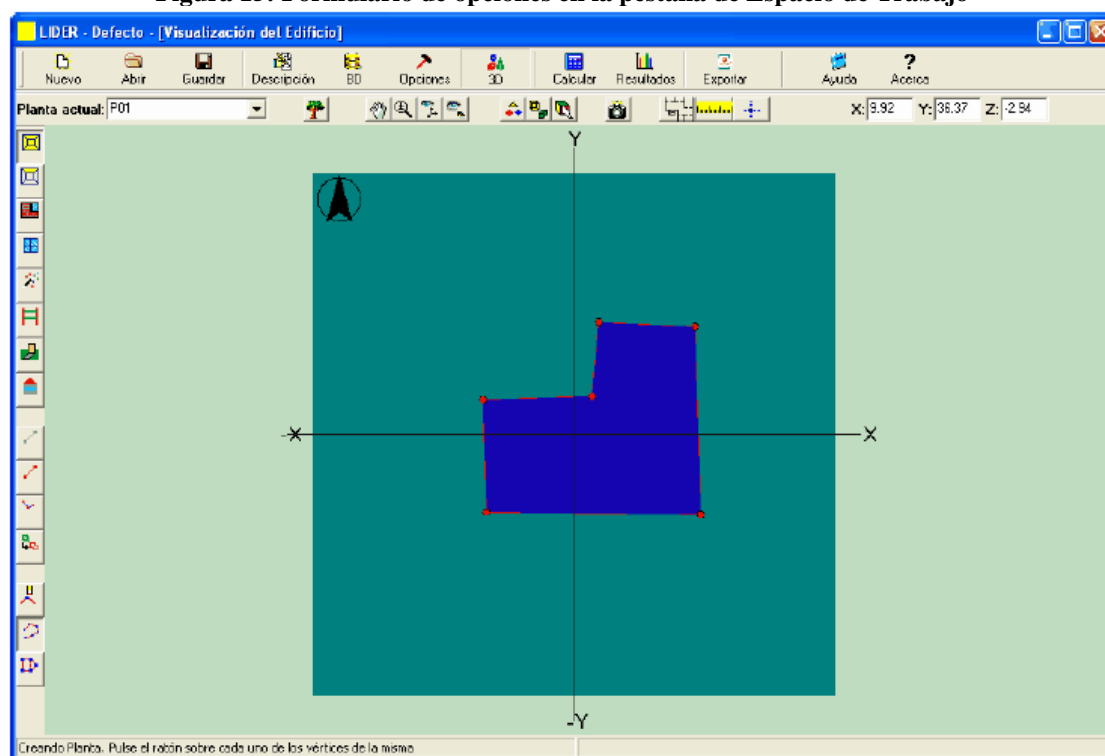


Figura 16: Planta definida sobre el espacio de trabajo

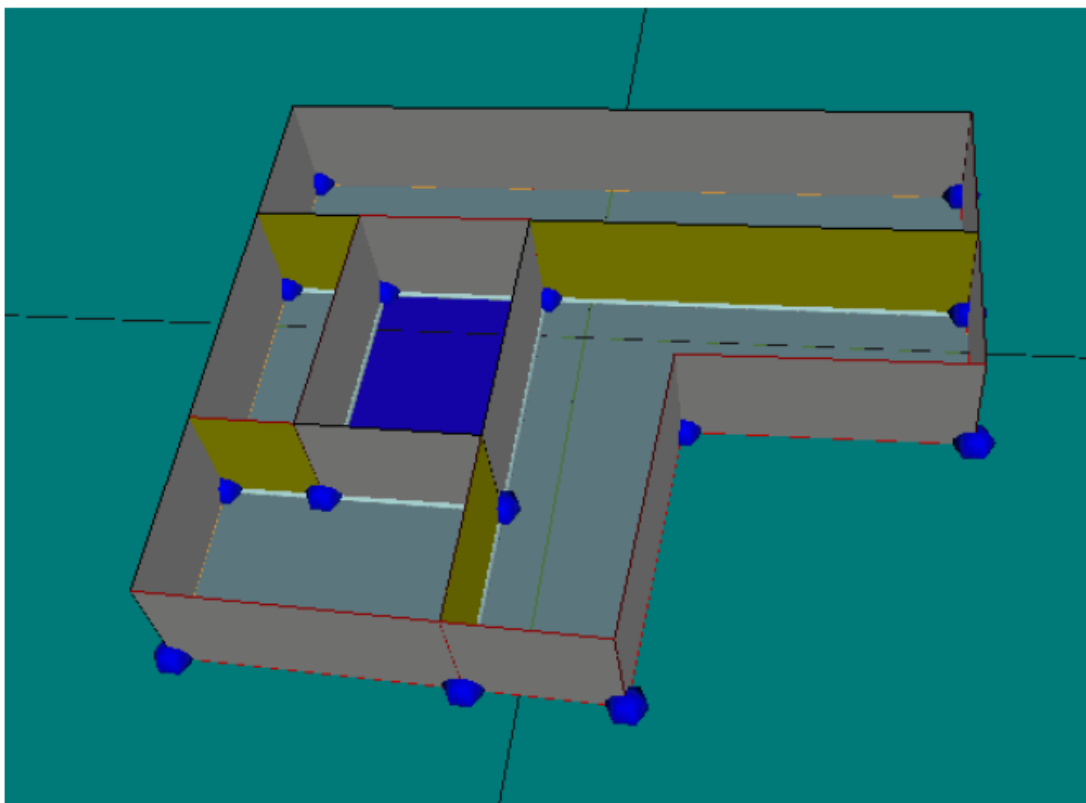


Figura 17: Cerramientos verticales de un edificio ejemplo generados automáticamente

## 5.2. Calener

### 5.2.1. Estructura de CALENER\_GT

#### 5.2.1.1. ÁRBOLES DE ELEMENTOS

Al igual que LIDER el programa CALENER\_GT agrupa los elementos en estructuras de tipo árbol. De la misma forma que en LIDER se tiene un árbol de base de datos y un árbol del edificio, en CALENER\_GT se agrupan todos los elementos del edificio en 4 árboles que se describen a continuación.

- Árbol de Componentes



En este árbol se agrupan los elementos básicos necesarios para la definición constructiva del edificio así como algunos elementos necesarios para la simulación horaria y energética. Sus elementos son:

- Datos generales: en los que se define los datos del proyecto, la localización y el uso o no de energías renovables.

- polígonos, materiales conjuntos de capas, composición de cerramientos y acristalamientos.
- Horarios (diarios, mensuales y anuales).
- Curvas de comportamiento.

- Árbol de Geometría



En este árbol se encuentran los elementos que constituyen la estructura del edificio y que referencian a los elementos del árbol de componentes. Sus componentes son:

- Plantas, espacios, muros (interiores y exteriores), cubiertas y ventanas.

- Árbol de Subsistemas primarios



En este árbol se encuentran todos los elementos que conectan los equipos de producción de energía térmica como calderas o enfriadoras (subsistemas primarios), con los equipos de distribución y tratamiento de aire (subsistemas secundarios). Contiene multitud de componentes algunos de los cuales son:

- Calderas, enfriadoras, calderas ACS, circuitos hidráulicos, acumuladores, intercambiadores, sistemas de condensación, bombas, etc.

- Árbol de Subsistemas secundarios



En este árbol se agrupan los sistemas de tratamiento de aire incluyendo los equipos autónomos que no están conectados a los equipos centrales.

Cada sistema lleva asociado un conjunto de zonas a las que presta servicio y que se muestran en el árbol.

### 5.2.1.2. PANEL DE REVISIÓN

El panel de revisión es el que aparece a la derecha del árbol de componentes en la ventana principal del programa. Se trata de un panel multifuncional que cambia según árbol de elementos que se seleccione.

Si se selecciona el árbol de componentes, el panel de revisión muestra la tabla de propiedades, de forma que al seleccionar un elemento del árbol, el panel lista todos los objetos del mismo tipo y permite modificar sus propiedades. La edición de estas tablas de propiedades resulta muy útil a la hora de comprobar errores en introducción de los datos.

Si se selecciona el árbol de geometría, el panel de revisión muestra la tabla de propiedades o la geometría 3D del edificio. Al igual que en el caso anterior, al seleccionar un elemento del árbol el panel lista todos los objetos del mismo tipo y permite realizar las modificaciones que sean necesarias.

Si se selecciona el árbol de subsistemas primarios o el árbol de subsistemas secundarios, el panel de revisión muestra la tabla de propiedades o el esquema de principios.

### 5.2.1.3. CÓDIGO DE COLORES


Para conocer en todo momento la procedencia de los datos que va a manejar el programa, en CALENER\_GT se clasifican las propiedades de los objetos de acuerdo a este criterio, mediante el siguiente código de colores:

- Color rojo: valores que introduce el usuario.
- Color verde: valores por defecto (estáticos o dinámicos).
- Color azul: valores importados de la librería.
- Color morado: valores conectados con otros objetos.
- Color gris: campos no disponibles; los valores que carecen de sentido.

### 5.2.2. Exportación del edificio a CALENER\_GT

Una vez que se ha verificado el cumplimiento del DB HE-1 de limitación de demanda energética del edificio, se pueden exportar los datos desde el programa LIDER al programa CALENER Grandes Edificios Terciarios, en adelante CALENER\_GT. La exportación de los datos de la definición geométrica y constructiva del edificio la realiza

el programa LIDER de manera automática, sin más que pulsar. 

Además es posible acceder directamente desde LIDER al programa CALENER\_GT mediante el botón .

La aplicación CALENER\_GT requiere muchos más datos de entrada que el programa LIDER ya que para poder obtener la calificación energética del edificio será necesario introducir en el programa no sólo los datos constructivos y de geometría de la estructura, sino los datos de los sistemas (instalaciones térmicas y lumínicas) que contiene el inmueble. La importación de los datos de LIDER proporciona la mayor parte de los datos de la epidermis del edificio: polígonos, conjunto de capas, cerramientos,

plantas, espacios, etc. Pero conviene tener en cuenta que será necesario revisar muchos otros datos como los relativos a la ocupación e iluminación de los espacios o la localización de los cerramientos.

Finalmente se ha optado por definir el edificio de forma simplificada directamente en CALENER\_GT. Se ha decidido no evaluar los 5 sótanos dedicados a uso de garaje que conforman la parte inferior del edificio. Esto no supone una diferencia significativa a la hora de evaluar el edificio puesto que estas plantas sólo disponen de un sistema de extracción de aire para casos de emergencia.

La definición geométrica y constructiva del edificio se realiza de forma muy similar a la desarrollada en el capítulo 4 con el programa LIDER, motivo por el cual no se va a presentar aquí. En resumen, igual que se realizó con LIDER, para la parte constructiva se crean los materiales, conjunto de capas y cerramientos y para la parte geométrica se crean las plantas, espacios, muros y ventanas mediante el empleo de polígonos definidos por coordenadas. Todos estos elementos se crean en el árbol de geometría.

Tras la introducción de todos los componentes constructivos y geométricos, el aspecto del edificio en CALENER es el siguiente:

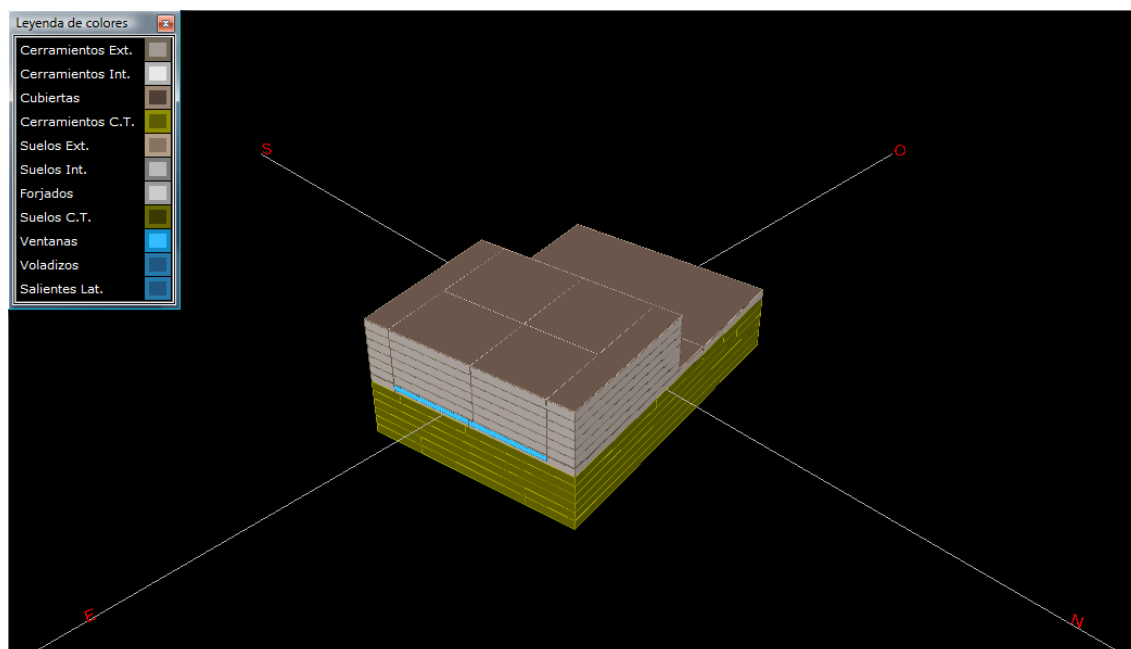


Figura 18: Vista 3D del centro comercial de Salamanca (fachada norte)

### 5.3. ¿De dónde partimos?



Se parte del proyecto de construcción de un centro comercial en concreto de Salamanca. Para el correspondiente etiquetado energético, (obligatorio como ya hemos mencionado anteriormente para los edificios de construcción posterior al 31 de octubre de 2007 según el Real Decreto 47/2007, de 19 de enero) se ha encargado una empresa de ingeniería<sup>3</sup>. Para ello utilizan, como bien especifica el procedimiento en la página Web del Código Técnico de la Edificación, el Lider para la definición geométrica del edificio, y el CALENER\_GT para el cálculo de la calificación energética (una vez se hubieron introducido todos los sistemas primarios y secundarios del Centro comercial). Este es el marco desde el que se parte. Nuestro papel comienza en la calificación energética de un edificio en concreto y se dirige hacia la mejora de ésta a través de la simulación en CALENER\_GT de la contratación de energía verde por parte del Centro comercial de Salamanca.

La empresa de ingeniería nos proporciona los planos del Centro comercial de Salamanca, así como los archivos correspondientes de Lider y CALENER\_GT.

Analizando estos comprobamos que el edificio del que se parte tiene una calificación energética de C, lo cual quiere decir que el diseño del edificio es admisible, es decir, que está “aprobado” si lo comparamos con el edificio estándar (el cual siempre parte de una calificación C).

Aún así, sospechamos que hay ciertos aspectos del diseño que se pueden mejorar y con ello, mejorar la calificación energética.

En ese punto comienza nuestra labor de investigación para mejorar la calificación energética del edificio.

A lo largo del punto 5.3 se hará una descripción del edificio objeto, tanto de sus sistemas, como del propio edificio y su envolvente.

### **5.3.1. Definición del edificio**

---

<sup>3</sup> La empresa que se encargó del etiquetado inicial del edificio es una empresa de ingeniería real dedicada a la realización de proyectos e instalaciones industriales. Durante la elaboración del proyecto hemos estado en contacto con ellos en diversas ocasiones; si no se menciona el nombre en concreto de la empresa en este documento es por temas de confidencialidad.

---

El edificio en concreto es un Centro comercial de Salamanca. Sus datos de localización vienen reflejados en la figura 19:

The screenshot shows the 'LIDER - salamanca - [Descripción]' window. The interface is divided into several sections:

- Zonificación climática:** Zona: D2, Localidad: Salamanca, Latitud: 40.95, Altitud: 790.00.
- Orientación del edificio:** Ángulo: 355.00. A diagram shows a compass rose with an arrow pointing towards the North-Northwest.
- Tipo edificio:**
  - ☐ Vivienda unifamiliar
  - ☐ Vivienda en bloque
  - ☒ Edificio sector terciario
- Clase por defecto de los espacios habitables:**
  - Tipo de Uso: Intensidad Alta - 12h
  - Condiciones higrometría:
    - ☒ Clase 3 o inferior
    - ☐ Clase 4
    - ☐ Clase 5
  - Número de renovaciones hora requerido: 1.0
- Datos del Proyecto:**
  - Nombre del proyecto: Centro comercial SALAMANCA
  - Comunidad: CASTILLA LEÓN
  - Localidad: SALAMANCA
  - Dirección: AVDA FEDERICO ANAYA
- Datos del Autor:**
  - Nombre: DAVID BORDAS
  - Empresa o Institución: UNIVERSIDAD CARLOS III
  - E-mail: davidbordas@hotmail.com
  - Teléfono: 914695159

**Figura 19: Datos básicos de localización y utilización del Centro comercial de Salamanca<sup>4</sup>**

Como ya sabemos este es un edificio destinado al sector terciario y está en Salamanca. Estos datos son importantes para los coeficientes que aplica el programa para hacer sus cálculos, que serán los mismos que aparecen en el Código Técnico de la Edificación.

Por otro lado el edificio tiene 13 plantas, de las cuales hay 6 que están soterradas, 5 de ellas están destinadas a aparcamiento; las otras 7 plantas restantes sí que están destinadas propiamente al comercio de los artículos.

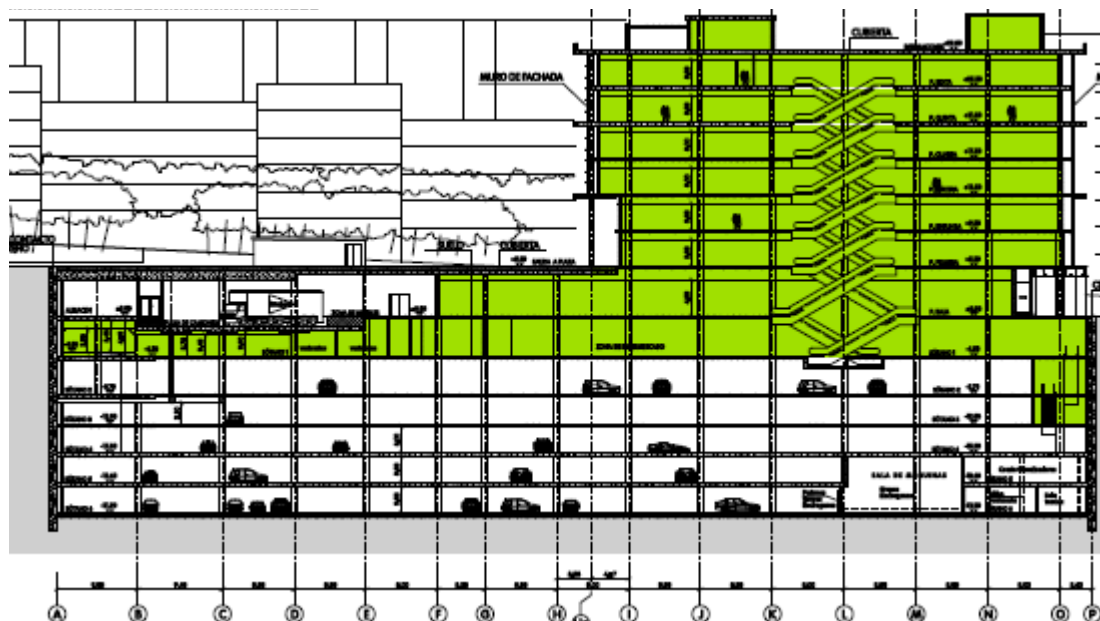
La altura del edificio desde el nivel de calle es de 30 m.

La vista del edificio en planta es rectangular y las dimensiones de cada planta (exceptuando las plantas de aparcamiento) van desde 4.703 m<sup>2</sup> la planta más pequeña hasta 9.359 m<sup>2</sup> la más grande. En total hay unos 46.938 m<sup>2</sup> de superficie usado por el Centro comercial para la venta de sus productos y que por supuesto, deben estar acondicionados adecuadamente tanto en iluminación como en climatización.

<sup>4</sup> En la imagen de los datos del proyecto hemos sustituido el nombre real del centro comercial por simplemente “centro comercial” para evitar problemas de confidencialidad.



En la figura 20 mostramos algunos perfiles del inmueble. En ella podemos ver coloreado en verde los pisos destinados a la venta y en blanco los destinados a aparcamiento.



También mostramos la vista en planta de uno de los niveles del edificio en la siguiente figura:

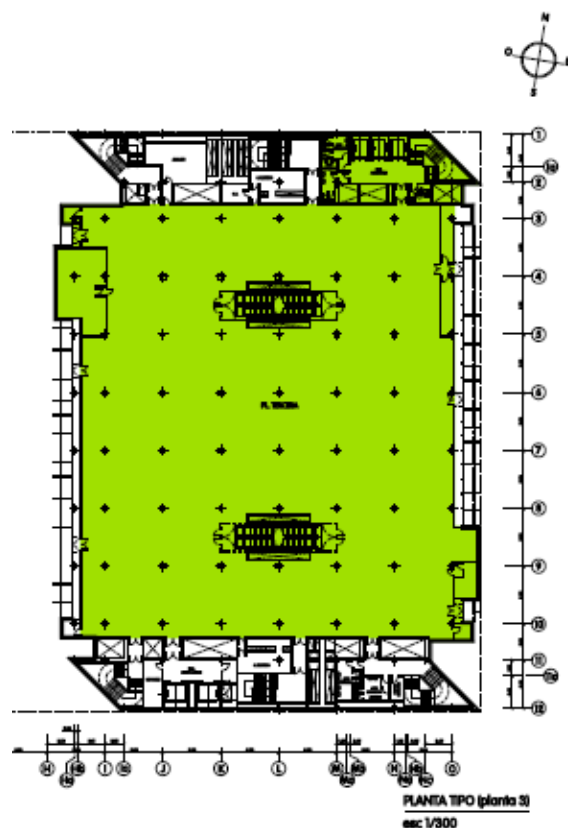


Figura 21: Vista en superior de la planta tipo 3

### 5.3.2. Definición de los sistemas

#### 5.3.2.1. Subsistemas primarios

Como ya se ha mencionado los subsistemas primarios son todos los equipos encargados de la producción de energía calorífica y frigorífica así como de su transporte y distribución a los equipos consumidores centrales.

- Bombas

Las bombas son los elementos que se deben crear en primer lugar. Los datos que se pueden especificar son el caudal (l/h), la altura (m.c.a), la potencia en KW, el número, el rendimiento del motor, el rendimiento mecánico y el tipo de control (velocidad constante, velocidad variable o dos velocidades).

También se pueden modificar las curvas de comportamiento que ofrece el programa por defecto y que describen la variación del incremento de presión en el fluido y la variación de la potencia nominal de la bomba.

Para configurar el sistema de distribución y transporte de agua del CENTRO COMERCIAL de Salamanca se han definido 6 tipos de bombas.. Sus propiedades son las siguientes:



	Nombre bomba	Caudal (l/h)	Altura (m)	Potencia	Número de bomba
1	PRIMARIO CALOR	65.000	14,0	4,07	2
2	PRIMARIO FRÍO	195.000	10,0	8,73	4
3	PRIMARIO ACS	10.000	11,0	0,49	1
4	SECUNDARIO CALOR	65.000	35,0	10,19	2
5	SECUNDARIO FRÍO	195.000	30,0	26,19	4
6	SECUNDARIO ACS	9.000	10,0	0,40	1

**Tabla 3: Propiedades de las bombas del CENTRO COMERCIAL de Salamanca**

Obsérvese que la potencia aparece como valor no modificable, esto se debe a que ha sido calculado por el programa basándose en los otros datos introducidos.

	Nombre bomba	Tipo de control	Rendimiento del motor (ratio)	Rendimiento mecánico (ratio)
1	PRIMARIO CALOR	Velocidad constar ▼	0,80	0,77
2	PRIMARIO FRÍO	Velocidad constar ▼	0,80	0,77
3	PRIMARIO ACS	Velocidad constar ▼	0,80	0,77
4	SECUNDARIO CALOR	Velocidad variable ▼	0,80	0,77
5	SECUNDARIO FRÍO	Velocidad variable ▼	0,80	0,77
6	SECUNDARIO ACS	Velocidad constar ▼	0,80	0,77

**Tabla 4: Rendimientos y tipo de control de las bombas del CENTRO COMERCIAL de Salamanca**

### - Circuitos hidráulicos

Son los elementos más importantes pues todos los equipos se encuentran conectados a través de ellos. En CALENER\_GT se pueden definir hasta siete tipos de circuitos: de agua caliente, de agua fría, de agua bruta, de condensación, de doble tubo, de bomba de calor en circuito cerrado y de agua caliente sanitaria. El tipo de circuito es un parámetro de obligada introducción. Además se pueden indicar datos de subtipo (circuito primario o secundario), la bomba del circuito y datos de control.

Se han definido 6 circuitos hidráulicos. En lo que respecta a los datos de control, CALENER\_GT dispone de cuatro modos de operación; disponibilidad permanente, disponibilidad bajo demanda, disponibilidad en función de horario y cambio estacional por temperatura y tres modos para el control de la temperatura del agua; fijo, ley de correspondencia de temperatura exterior y en función de horario.

	Nombre circuito hidráulico	Tipo de circuito	Subtipo	Circuito primario	Bomba circuito	Caudal recirculado (l/h)	Porcentaje caudal prim. (%)
1	FRÍO	Agua fría	Primario	n/a	PRIMARIO FRÍ	0	n/a
2	CALOR	Agua caliente	Primario	n/a	PRIMARIO CA	0	n/a
3	ACS	Agua caliente sanit.	Primario	n/a	PRIMARIO AC	0	n/a
4	ACS CONSUMO	Agua caliente sanit.	Secundario	ACS	SECUNDARIO	4.500	100
5	FRÍO UTAS	Agua fría	Secundario	FRÍO	SECUNDARIO	0	100
6	CALOR UTAS	Agua caliente	Secundario	CALOR	SECUNDARIO	0	100

**Tabla 5: Parámetros de los circuitos del CENTRO COMERCIAL de Salamanca**

**Modo de operación:** Disponibilidad bajo demanda

Temperatura de cambio estacional: n/a

Horario disponibilidad calor: n/a

Horario disponibilidad frío: n/a

**Calefacción/ACS**

Tipo control T agua: n/a

Temperatura consigna: n/a °C

Horario T consigna: n/a

Ley correspondencia T: n/a

Caudal máximo ACS: n/a l/h

T del agua de red: n/a °C

Horario ACS: n/a

**Refrigeración/Condensación**

Tipo control T agua: Fijo

Temperatura consigna: 6,0 °C

Horario T consigna: n/a

Ley correspondencia T: n/a

**Figura 22: Mando de operación y control T del agua circuito de agua fría**

**Figura 23: Modo de operación y control T del agua circuito de agua caliente Plantas enfriadoras**

- Plantas enfriadoras

CALENER\_GT permite elegir entre siete tipos de plantas enfriadoras: de compresor eléctrico (con o sin recuperador de calor), de absorción de simple etapa, de absorción de doble etapa, de absorción por llama directa, de motor de combustión interna y de bomba de calor (2T o 4T).

El sistema de producción de agua fría del edificio es centralizado y consta de 4 plantas enfriadoras de compresor eléctrico sin bomba de calor y sin recuperador condensadas por aire que proporcionan una potencia nominal entre las cuatro de 5400 KW. En este caso, al tratarse de plantas convencionales de compresor eléctrico, los datos a introducir son la capacidad nominal en KW (según condiciones Eurovent) y el Energy Efficiency Ratio (EER) de la enfriadora que se define como:

$$EER = \frac{P_{\text{frigorífica}} (KW)}{P_{\text{consumida}} (KW)}$$

Para todas las enfriadoras se ha considerado EER=2.8. Por último, es necesario indicar las conexiones que involucran a las plantas enfriadoras y el salto de temperatura que experimenta el agua en entre la entrada y la salida de la máquina. Como se ha introducido el dato de capacidad nominal, este salto es de 5°C A continuación se

muestran los valores de las plantas de producción de frío del CENTRO COMERCIAL de Salamanca.

	Nombre planta enfriadora	Tipo	Capacidad nominal refri. (kW)	Capacidad nominal calef. (kW)	EER (electricidad)
1	ENFRIADORA 1	Compresor eléctrico ▼	1.350,00	n/a	2,80
2	ENFRIADORA 2	Compresor eléctrico ▼	1.350,00	n/a	2,80
3	ENFRIADORA 3	Compresor eléctrico ▼	1.350,00	n/a	2,80
4	ENFRIADORA 4	Compresor eléctrico ▼	1.350,00	n/a	2,80

**Tabla 6:Características básicas de las enfriadoras del centro comercial de Salamanca**

	Nombre planta enfriadora	Nombre Circ. Agua Fría	Bomba Circ. Agua Fría	Salto T Circ. Agua Fría (°C)
1	ENFRIADORA 1	FRÍO ▼		5,0
2	ENFRIADORA 2	FRÍO ▼		5,0
3	ENFRIADORA 3	FRÍO ▼		5,0
4	ENFRIADORA 4	FRÍO ▼		5,0

**Tabla 7: Conexiones a circuitos**

#### - Calderas

CALENER\_GT permite elegir entre cuatro tipos de calderas de combustible: convencional, de baja temperatura, de condensación o de biomasa. Además, dispone de seis tipos de combustibles: gas natural, gasóleo, fuel-oil, carbón, GLP y biomasa.

El sistema de producción de agua caliente del centro comercial de Salamanca es centralizado y funciona mediante 2 calderas no eléctricas de tipo convencional que emplean gas natural que desarrollan una potencia nominal de 3000 KW.

Además del dato de potencia, se ha de indicar un valor para el rendimiento térmico de la caldera, relación entre la potencia nominal a plena carga que entrega la caldera y la potencia calorífica que consume (Poder calorífico inferior del combustible, PCI).

$$\eta_{comb} = \frac{Q_{nom\_caldera}}{m_{comb} \cdot PCI_{combustible}} < 1$$

$Q_{nom\_caldera}$  [KW] potencia nominal de la caldera a plena carga

$m_{com}$  [Kg/s] gasto másico de combustible

$PCI_{combustible}$  [KJ/Kg] poder calorífico inferior del combustible

Resulta obligado puntualizar que esta definición es válida para cualquier caldera de combustible a excepción de las calderas de condensación, pues en estas calderas se



aprovecha el calor procedente de la entalpía del vapor de agua resultante de la combustión por lo que pueden lograr incluso  $\eta_{comb} > 1$ .

El valor de rendimiento de las calderas del CENTRO COMERCIAL de Salamanca se ha fijado en 0.9.

	Nombre caldera	Tipo	Subtipo	Potencia nominal. (kW)	Rendimiento térmico (ratio)
1	CALDERA 1	Caldera de combustible	Convencional	1.500,00	0,90
2	CALDERA 2	Caldera de combustible	Convencional	1.500,00	0,90

	Nombre caldera	Rendimiento térmico (ratio)	Salto T diseño (°C)	Tipo de combustible	Potencia nominal/consu mo elec
1	CALDERA 1	0,90	20,0	Gas Natural	400,00
2	CALDERA 2	0,90	20,0	Gas Natural	400,00

**Tabla 8: Características de las calderas del centro comercial de Salamanca**

- Torres de refrigeración

Dado que los equipos son condensados por aire, el sistema no dispone de ninguna torre de refrigeración.

### 5.3.2.2. Subsistemas secundarios

Los sistemas secundarios son los encargados de tratar y distribuir el aire a los espacios climatizados. En CALENER\_GT se distinguen dos niveles para los subsistemas secundarios o “equipos del lado del aire”. Por un lado está el “nivel de sistema” o “nivel de UTA” que recoge las unidades de tratamiento de aire (UTA) que son los equipos encargados de tratar el aire antes de distribuirlo a las zonas. Por otro lado está el “nivel de zona” que incluye los equipos y dispositivos que se ubican directamente en las zonas a las que prestan servicio.

- DATOS OPERATIVOS PARA LAS UTA's

CALENER\_GT permite definir multitud de tipos de equipos a nivel de sistema como equipos autónomos o de expansión directa, sistemas de tipo todo agua o fan-coil, sistemas de ventilación, sistemas todo aire de caudal variable, sistemas todo aire de caudal constante, etc.

Las UTA's son equipos centrales que engloban una gran cantidad de dispositivos y que puede variar en función de los requerimientos del aire que se impulsa.







1. Batería de calor
2. Batería de frío
3. Sistema de humidificación/deshumidificación
4. Ventilador de impulsión
5. Batería recalentamiento terminal
6. Retorno por conductos
7. Ventilador de retorno
8. Recuperador de calor
9. Válvula de mezcla
10. Batería de precalentamiento

Las UTA's del centro comercial de Salamanca no disponen de sistema de humidificación (3) ni de precalentamiento (10) del aire previa entrada en las baterías principales, de ahí que estos elementos hayan sido representados con línea discontinua.

El sistema principal de distribución de aire del centro comercial de Salamanca se ha simplificado agrupando distintas zonas del centro de usos similares en una misma UTA, resultando un total de quince UTA's. Todas las unidades son de tipo todo aire de caudal variable, carecen de control de humedad y tienen retorno por conductos.

Para los ventiladores de impulsión y de retorno los datos más importantes son el horario, el caudal de aire en m<sup>3</sup>/h y la potencia en KW. Los ventiladores se encuentran aguas abajo de las baterías de frío y de calor. Esta posición se indica en la casilla correspondiente marcando “ draw-through”, el ventilador “tira” del flujo de aire.

	Subsist. Secund.	Horario	Potencia (kW)	Caudal (m³/h)
1	UTA 1	Siempre funciona ▼	80,00	180.000
2	UTA 2	Siempre funciona ▼	75,00	160.000
3	UTA 3	Siempre funciona ▼	75,00	160.000
4	UTA 4	Siempre funciona ▼	80,00	180.000
5	UTA 5	Siempre funciona ▼	15,00	30.000
6	UTA 6	Siempre funciona ▼	15,00	25.000
7	UTA 15	Siempre funciona ▼	1,10	1.600
8	UTA 16	Siempre funciona ▼	1,10	1.600
9	UTA 17	Siempre funciona ▼	3,00	5.500
10	UTA 21	Siempre funciona ▼	3,00	5.500
11	UTA 23	Siempre funciona ▼	1,10	1.600
12	UTA 28	Siempre funciona ▼	1,10	1.600
13	UTA 25	Siempre funciona ▼	5,50	13.000
14	UTA 51	Siempre funciona ▼	5,50	13.000
15	UTA 20	Siempre funciona ▼	1,10	1.600

**Tabla 9: Parámetros de los ventiladores de impulsión y de retorno del centro comercial de Salamanca**

	Subsist. Secund.	Potencia (kW)	Control	Posición ventilador	Ventilador Ret.	Caudal Ret. (m³/h)	Potencia Ret. (kW)	Caudal min. CV (ratio)
1	UTA 1	80,00	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	Sí ▼	144.000	55,00	1,00
2	UTA 2	75,00	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	Sí ▼	128.000	50,00	1,00
3	UTA 3	75,00	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	Sí ▼	128.000	50,00	1,00
4	UTA 4	80,00	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	Sí ▼	144.000	55,00	1,00
5	UTA 5	15,00	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	Sí ▼	30.000	10,00	1,00
6	UTA 6	15,00	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	Sí ▼	25.000	10,00	1,00
7	UTA 15	1,10	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	No ▼	25.000	10,00	1,00
8	UTA 16	1,10	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	No ▼	25.000	10,00	1,00
9	UTA 17	3,00	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	No ▼	5.500	3,00	1,00
10	UTA 21	3,00	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	No ▼	5.500	3,00	1,00
11	UTA 23	1,10	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	No ▼	25.000	10,00	1,00
12	UTA 28	1,10	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	No ▼	25.000	10,00	1,00
13	UTA 25	5,50	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	No ▼	13.000	5,50	1,00
14	UTA 51	5,50	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	Sí ▼	13.000	5,50	1,00
15	UTA 20	1,10	Velocidad variable ▼	Draw-Through ▼	No ▼	25.000	10,00	1,00

**Tabla 10: Parámetros de los ventiladores de impulsión y de retorno del centro comercial de Salamanca**

En cuanto a las baterías de refrigeración, los datos más relevantes son la potencia en KW (total y sensible) y el salto térmico del agua previamente especificado en el circuito de agua fría. También se debe indicar el tipo de válvula (de 2 vías en este caso) que permite variar el caudal de la batería cuando ocurre una variación de carga.

	Subsist. Secund.	Pot. Total (kW)	Pot. Sens. (kW)	Circuito	Caudal Agua (l/h)	Salto Térmico Agua (°C)	Tipo Válvula
1	UTA 1	1.037,20	814,50	FRÍO UTAS	178.398	5,0	Dos vías
2	UTA 2	922,10	814,50	FRÍO UTAS	158.601	5,0	Dos vías
3	UTA 3	922,10	814,50	FRÍO UTAS	158.601	5,0	Dos vías
4	UTA 4	1.037,20	814,50	FRÍO UTAS	178.398	5,0	Dos vías
5	UTA 5	263,00	199,00	FRÍO UTAS	45.236	5,0	Dos vías
6	UTA 6	221,00	166,30	FRÍO UTAS	38.012	5,0	Dos vías
7	UTA 15	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías
8	UTA 16	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías
9	UTA 17	48,50	36,50	FRÍO UTAS	8.342	5,0	Dos vías
10	UTA 21	48,50	36,50	FRÍO UTAS	8.342	5,0	Dos vías
11	UTA 23	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías
12	UTA 28	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías
13	UTA 25	115,10	86,50	FRÍO UTAS	19.797	5,0	Dos vías
14	UTA 51	115,10	86,50	FRÍO UTAS	19.797	5,0	Dos vías
15	UTA 20	14,10	10,60	FRÍO UTAS	2.425	5,0	Dos vías

Tabla 11: Características de las baterías de frío del centro comercial de Salamanca

Nótese que el caudal aparece como valor no modificable pues es calculado por el programa a partir de la potencia y el salto térmico del agua fría.

En lo que respecta a las baterías de calefacción, los datos más relevantes son la potencia en KW y el salto térmico del agua caliente previamente especificado en el circuito de agua caliente.

	Subsist. Secund.	Potencia bat. central (kW)	Caudal bat. central (l/h)	Pot.Bat.Reca l.	Circuito UTA	Circuito Zonal	Circuito ACS	Salto térmico Agua (°C)	Tipo Válvula
1	UTA 1	732,60	31.502	Sí	CALOR UTAS	CALOR UTAS	n/a	20,0	Dos vías
2	UTA 2	651,20	28.002	Sí	CALOR UTAS	CALOR UTAS	n/a	20,0	Dos vías
3	UTA 3	651,20	28.002	Sí	CALOR UTAS	CALOR UTAS	n/a	20,0	Dos vías
4	UTA 4	732,60	31.502	Sí	CALOR UTAS	CALOR UTAS	n/a	20,0	Dos vías
5	UTA 5	353,00	15.179	Sí	CALOR UTAS	CALOR UTAS	n/a	20,0	Dos vías
6	UTA 6	279,10	12.001	Sí	CALOR UTAS	CALOR UTAS	n/a	20,0	Dos vías
7	UTA 15	18,00	774	n/a	CALOR UTAS	n/a	n/a	20,0	Dos vías
8	UTA 16	18,00	774	n/a	CALOR UTAS	n/a	n/a	20,0	Dos vías
9	UTA 17	62,00	2.666	n/a	CALOR UTAS	n/a	n/a	20,0	Dos vías
10	UTA 21	62,00	2.666	n/a	CALOR UTAS	n/a	n/a	20,0	Dos vías
11	UTA 23	18,00	774	n/a	CALOR UTAS	n/a	n/a	20,0	Dos vías
12	UTA 28	18,00	774	n/a	CALOR UTAS	n/a	n/a	20,0	Dos vías
13	UTA 25	145,30	6.248	n/a	CALOR UTAS	n/a	n/a	20,0	Dos vías
14	UTA 51	145,30	6.248	n/a	CALOR UTAS	n/a	n/a	20,0	Dos vías
15	UTA 20	18,00	774	n/a	CALOR UTAS	n/a	n/a	20,0	Dos vías

Tabla 12: Características de las baterías de calor del centro comercial de Salamanca

Algunas de las UTAs incorporan la posibilidad de emplear free-cooling o enfriamiento gratuito por entalpía que consiste en enfriar los espacios directamente con aire exterior mientras la entalpía del aire exterior sea inferior a la del local.

	Subsistema Secundario	¿Existe?	Tipo de Control
1	UTA 1	Sí	Por temperatura
2	UTA 2	Sí	Por temperatura
3	UTA 3	Sí	Por temperatura
4	UTA 4	Sí	Por temperatura
5	UTA 5	Sí	Por temperatura
6	UTA 6	Sí	Por temperatura
7	UTA 15	No	n/a
8	UTA 16	No	n/a
9	UTA 17	No	n/a
10	UTA 21	No	n/a
11	UTA 23	No	n/a
12	UTA 28	No	n/a
13	UTA 25	Sí	Por temperatura
14	UTA 51	Sí	Por temperatura
15	UTA 20	No	n/a

**Tabla 13: Enfriamiento gratuito**

Todas las UTAs incorporan la posibilidad de emplear un recuperador de calor del aire de expulsión. En este caso se incluye la posibilidad de recuperar tanto calor sensible como latente. Hay que indicar el consumo eléctrico del recuperador y su efectividad.

	Subsistema Secundario	¿Existe?	Tipo	Potencia (kW)	Efectividad
1	UTA 1	Sí	Dinámico entálpico	5,00	0,10
2	UTA 2	Sí	Dinámico entálpico	5,00	0,10
3	UTA 3	Sí	Dinámico entálpico	5,00	0,10
4	UTA 4	Sí	Dinámico entálpico	5,00	0,10
5	UTA 5	Sí	Dinámico entálpico	5,00	0,10
6	UTA 6	Sí	Dinámico entálpico	5,00	0,10
7	UTA 15	No	Dinámico entálpico	5,00	0,10
8	UTA 16	No	Dinámico entálpico	5,00	0,10
9	UTA 17	No	Dinámico entálpico	1,00	0,10
10	UTA 21	No	Dinámico entálpico	1,00	0,10
11	UTA 23	No	Dinámico entálpico	5,00	0,10
12	UTA 28	No	Dinámico entálpico	5,00	0,10
13	UTA 25	No	Dinámico entálpico	5,00	0,10
14	UTA 51	No	Dinámico entálpico	5,00	0,10
15	UTA 20	No	Dinámico entálpico	5,00	0,10

**Tabla 14: Recuperadores de calor**



### 5.3.3. Formulario de edición de los espacios

Una vez que se han definido todos los subsistemas, es necesario revisar las propiedades de los espacios, pues muchas de ellas tendrán los valores por defecto del programa.

Para acceder al formulario de edición de los espacios se procede igual que en LIDER, se pulsa en “editar” en el menú contextual que aparece al pulsar el botón derecho del ratón tras situar el puntero sobre el espacio a editar en el árbol de geometría. Este formulario agrupa una gran cantidad de información del edificio y se compone de tres subformularios: “Descripción y geometría”, “Ocupación, equipos e infiltración” y “Iluminación artificial y natural”. Pasaremos a explicar cada uno de ellos a continuación.

Figura 25: Ventana emergente para la edición de espacios

#### 5.3.3.1. Formulario de descripción y geometría

En este formulario se resumen las características generales y geométricas del espacio. Los campos de mayor relevancia que conviene siempre revisar son el tipo de actividad (oficinas, residencial, comercio, hotel/hostal, restaurantes/bares, etc ) y el tipo de espacio según el HE-1 (baja carga interna o alta carga interna). El siguiente formulario corresponde a un espacio de la planta baja del centro comercial.

**Figura 26: Formulario de descripción y geometría de la planta baja del CC. De Salamanca**  
Se ha marcado “oficina” como tipo de actividad y “alta carga interna” como tipo de espacio (CTE HE1). Esto último refleja la elevada iluminación y ocupación del edificio que se prevé en condiciones normales de actividad.

### 5.3.3.2. Formulario de ocupación, equipos e infiltración

En este formulario se introducen los datos relativos a las cargas internas del espacio. Estos valores son importantes puesto que los emplea el programa para calcular la carga térmica del edificio (no se va a entrar en los detalles del subprograma de simulación de cargas puesto que no es este el objeto del proyecto). Para que el programa pueda realizar la simulación es imprescindible introducir los horarios de ocupación y de funcionamiento de los equipos. En la parte de ocupación se introduce una estimación del área en m<sup>2</sup> por persona y de la carga sensible y latente que aporta cada persona. Como valores de referencia para personas en reposo pueden tomarse los siguientes:

$$\text{Área/Ocupante} = 10 \text{ m}^2/\text{persona}$$

$$Q_{\text{sens}} = 77,82 \text{ W/persona}$$

$$Q_{\text{lat}} = 50,22 \text{ W/persona}$$

En la parte de fuentes internas se introduce una estimación de la potencia por unidad de área de los equipos presentes en el inmueble (excluyendo las luminarias), indicándose la fracción que corresponde a carga latente. En este caso los equipos solo aportan carga

sensible. El siguiente formulario corresponde a un espacio que de la planta baja del centro comercial.

The screenshot shows a software interface with three tabs: 'Descripción y geometría', 'Ocupación, equipos e infiltración' (selected), and 'Iluminación artificial y natural'. The 'Ocupación, equipos e infiltración' tab contains three sections:

- Ocupación:**
  - Horario:
  - Área/Ocupante:  m<sup>2</sup>/persona
  - Q sensible/Ocupante:  W/persona
  - Q latente/Ocupante:  W/persona
- Fuentes internas de calor (Equipos):**
  - Horario:
  - Potencia/Área:  W/m<sup>2</sup>
  - Fracción sensible:  ratio
  - Fracción latente:  ratio
- Infiltraciones:**
  - Horario:
  - Renovaciones/hr:  1/h

Figura 27: Formulario de ocupación equipos e infiltración de la planta baja del CC. De Salamanca

Obsérvese que el programa aporta unos valores por defecto (color verde) para la mayoría de los campos mencionados. Estos valores cambian en función de la opción seleccionada en el campo “tipo de espacio (CTE HE1)” y “tipo de actividad” del formulario anterior.

### 5.3.3.3. Formulario de iluminación artificial y natural

En CALENER\_GT se pueden introducir los datos de los equipos y los sistemas de iluminación del edificio. Como se va a describir a continuación las posibilidades en cuanto al tipo de equipos y modelos de control que permite introducir el programa son bastante limitadas.

Lo primero es introducir el horario de los equipos de iluminación, necesario para calcular la potencia total, previamente definido en el árbol de componentes.

En CALENER\_GT sólo se puede especificar un tipo de iluminación artificial: luminarias de techo. Se puede optar por uno de los 5 tipos de luminarias disponibles:

Fluorescente no ventilada

Fluorescente con retorno

Fluorescente con impulsión/retorno

Incandescente

Otras

Nótese que en lo que a tipo de lámpara se refiere sólo se tienen dos posibilidades bien diferenciadas: incandescentes o fluorescentes. Esta clasificación se refiere a la posibilidad de impulsar o retornar el aire a través

Los siguientes valores a introducir son los valores de eficiencia energética de la instalación VEEI y VEEI límite.

El valor de eficiencia energética de la instalación resultante en el cálculo (VEEI).

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Se mide en W/m<sup>2</sup> por cada 100 lux.

Siendo

P: la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares (W).

S: la superficie iluminada (m<sup>2</sup>).

Em: la iluminancia media horizontal mantenida (lux).

En nuestro caso se han introducido los valores de que aparecen en rojo en la siguiente figura:

**Iluminación artificial**

Horario:

Potencia/Área:  W/m<sup>2</sup>

Tipo de luminaria:

Valor de eficiencia energética (VEEI):  W/m<sup>2</sup>:100lux

Valor de eficiencia energética (VEEI) Límite:  W/m<sup>2</sup>:100lux

**Iluminación artificial contralada por la natural**

Existe control automático:

Nº de puntos de referencia:

**Puntos de referencia iluminación**

	Fracción zona	Consigna iluminación	Tipo de control	Coordenadas relativas		
				X	Y	Z
Punto 1:	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>
Punto 2:	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>	<input type="text" value="n/a"/>

Fracción potencia mín.:  Frac. ilum. mín.:  Nº etapas control:

Figura 28: Parámetros definidos para la iluminación del edificio

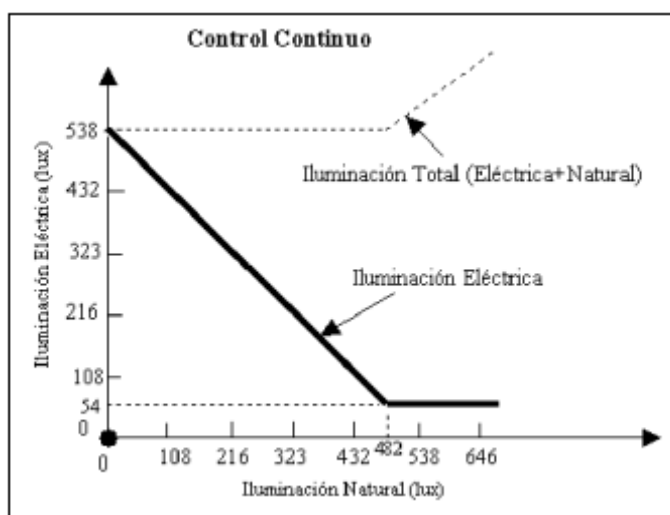




El último paso es definir, si lo hay, el sistema de control de iluminación artificial en función de la iluminación natural. CALENER\_GT permite elegir entre 3 tipos de control:

- Progresivo o continuo

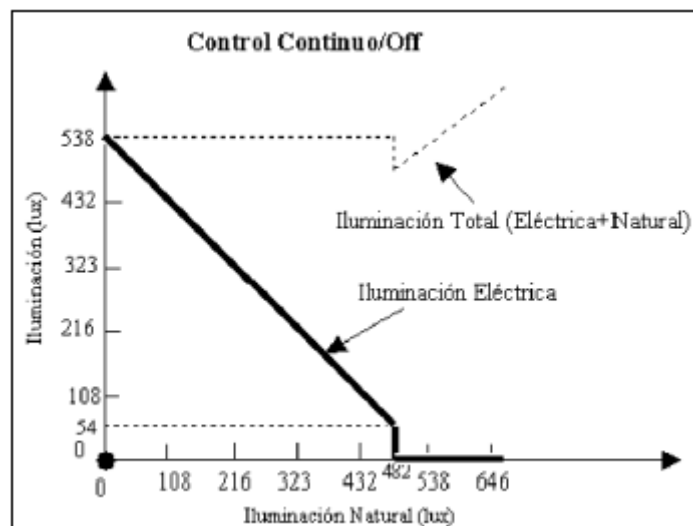
La iluminación artificial disminuye linealmente a medida que aumenta el nivel de luz natural. El nivel de iluminación eléctrica nunca puede ser menor que un cierto nivel prefijado.



**Gráfica 2: Control progresivo**

- Progresivo/apagado o continuo/off

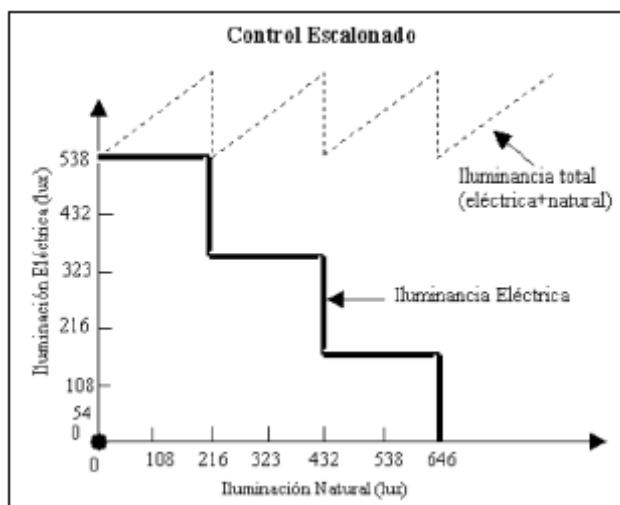
Es muy similar al anterior. La diferencia principal reside en que la iluminación artificial se apaga completamente cuando la iluminación total excede el nivel de consigna fijado.



Gráfica 3: Control progresivo/apagado

- Por etapas o escalonado

Se establecen determinados niveles de iluminación artificial que cubren un rango de valores de iluminación natural.



Gráfica 4: Control por etapas

La instalación de un sistema de control de iluminación artificial es una buena medida de ahorro de electricidad, desgraciadamente, para el edificio tratado la implantación de dicho sistema queda completamente descartada puesto que al tratarse de un edificio comercial todas sus fachadas principales son ciegas y resulta imposible un control basado en la iluminación natural.

### 5.3.4. Indicadores de eficiencia energética

En el proceso de calificación del edificio se evalúan los indicadores de eficiencia energética para los 5 conceptos siguientes:

- Demanda de calefacción.
- Demanda de refrigeración.
- Climatización.
- Agua caliente sanitaria (A.C.S.)
- Iluminación.

Cada uno de estos indicadores es el resultado de dividir las emisiones de CO<sub>2</sub> (climatización, A.C.S. e iluminación) o la demanda (calefacción y refrigeración) que producen cada uno de los conceptos anteriores del edificio objeto (edificio definido por el usuario) y las emisiones de CO<sub>2</sub> o la demanda del edificio de referencia (generado de forma automática por el programa CALENER a partir del edificio objeto). De este modo, si para alguno de los conceptos citados, el indicador energético es la unidad, denota que el edificio objeto genera las mismas emisiones o la misma demanda que el edificio de referencia para dicho concepto. Igualmente, un indicador con valor inferior a uno, otorga al edificio objeto unas emisiones de CO<sub>2</sub> o una demanda inferiores a las del edificio de referencia.

La formulación matemática de cada uno de estos indicadores se puede expresar, en general, como

$$Indicador = \frac{Demanda_{edificio\_objeto}}{Demanda_{edificio\_referencia}} = \frac{Emisiones\_CO_2_{edificio\_objeto}}{Emisiones\_CO_2_{edificio\_referencia}}$$

$$\begin{cases} \text{Indicador} < 1 \text{ edificio objeto más eficiente que edificio de referencia} \\ \text{Indicador} > 1 \text{ edificio objeto menos eficiente que edificio de referencia} \end{cases}$$

A continuación se va a describir la formulación en la que se basa CALENER\_GT para el cálculo de la demanda y de las emisiones, para el edificio de referencia, de cada uno de los conceptos anteriores.

#### 5.3.4.1. Demanda de calefacción y de refrigeración



Para obtener las demandas de referencia de calefacción  $D_{calef,ref}$  y refrigeración  $D_{refri,ref}$ , el programa modifica la calidad constructiva de los cerramientos y ventanas del edificio objeto para que cumplan con la exigencia básica HE-1 del CTE. Por otro lado, el programa cambia el tipo de todos los sistemas secundarios, definiéndolos como sistemas ideales. Una vez realizadas estas operaciones, se obtiene la demanda por adición de la demanda de cada uno de los sistemas.

#### 5.3.4.2. Emisiones de climatización

Las emisiones de referencia de calefacción y refrigeración, se obtienen según las siguientes expresiones:

$$E_{calef,ref} [kgCO_2] = D_{calef,ref} \frac{1}{\eta_{calef,ref}} c_{co_2} [kgCO_2 / kWh]$$

$$E_{refri,ref} [kgCO_2] = D_{refri,ref} \frac{1}{\eta_{refri,ref}} c_{co_2} [kgCO_2 / kWh]$$

- $D_{calef,ref}$  y  $D_{refri,ref}$  son las demandas de calefacción y de refrigeración
- $\eta_{calef,ref}$  y  $\eta_{refri,ref}$  son los rendimientos medios estacionales de calefacción y de refrigeración
- $c_{CO_2} [kgCO_2 / kWh]$  es el coeficiente de paso a energía primaria

Para el cálculo se supone un rendimiento medio estacional para calefacción de 1,7 y para refrigeración de 0,7. Como energías primarias se toma la electricidad para la refrigeración y el gasóleo para la calefacción.

#### 5.3.4.3. Emisiones de A.C.S.

Las emisiones de referencia de A.C.S se obtienen mediante la expresión:

$$E_{ACS,ref} [kgCO_2] = D_{ACS} \frac{1}{\eta_{ACS,ref}} c_{co_2} [kgCO_2 / kWh]$$

La Demanda de agua caliente sanitaria (kW·h) se obtiene del edificio definido por el usuario y se asume que el edificio de referencia tendrá la misma demanda de A.C.S.



#### 5.3.4.4. Emisiones de iluminación

Las emisiones de referencia totales de iluminación se calculan según la siguiente expresión:

$$E_{ilum,ref} [kgCO_2] = C_{ilum,ref} c_{CO_2} [kgCO_2 / kWh]$$

El consumo de referencia total de iluminación en el edificio se obtiene multiplicando el área total por la potencia eléctrica instalada por unidad de área, esto es:

$$C = \sum_{\text{espacios}} P_{ilum} \cdot S \cdot t \quad \text{siendo:}$$

- $P_{ilum} [W/m^2]$  la potencia instalada por unidad de área de cada espacio
- $S [m]$  el área total de los espacios iluminados
- $t [h]$  el tiempo de funcionamiento de las luminarias encada espacio

La potencia por unidad de área  $P_{ilum}$  se calcula considerando que el edificio objeto y el edificio de referencia tienen el mismo nivel lumínico punta.

Por otro lado, el valor de eficiencia energética de la iluminación  $VEEI_{ref}$  es el que marque la tabla de valores límite que se establece en el HE-3 del CTE y será introducido por el usuario.

$$\left. \begin{aligned} E_{ilum} &= \frac{P_{ilum} \cdot 100}{VEEI} \\ E_{ilum,ref} &= \frac{P_{ilum,ref} \cdot 100}{VEEI_{ref}} \end{aligned} \right\} E_{ilum} = E_{ilum,ref} \rightarrow P_{ilum,ref} = \frac{P_{ilum} \cdot VEEI_{ref}}{VEEI}$$

Es importante comentar que el horario de control de la iluminación para el edificio de referencia es el mismo que el del edificio objeto y el tipo de luminaria de referencia es de tipo “fluorescente no ventilada”.

### 5.3.4.5. Coeficientes de equivalencia de emisiones

Los coeficientes que emplea CALENER\_GT para evaluar la energía primaria y las emisiones de CO<sub>2</sub> a partir de la energía consumida en el edificio forman parte de su base de datos y no se pueden modificar.

Tipo de energía	Coeficientes de paso a energía primaria (kWh/kWh)	Coeficiente de paso a emisiones (kg CO <sub>2</sub> /kWh)
Carbón de uso doméstico	1,000	0,347
GLP	1,081	0,244
Gasóleo	1,081	0,287
Fueloil	1,081	0,28
Gas Natural	1,011	0,204
Biomasa y biocarburantes*	1,000	0,00
Electricidad	2,603 (peninsular) 3,347 (extra-peninsular)**	0,649 (peninsular) 0,981 (extra-peninsular)**

\* Para la biomasa, el biogás y los biocarburantes, se considera un saldo neutro, realizando la hipótesis de que las emisiones de CO<sub>2</sub> en el proceso de combustión se compensan con la absorción de este gas durante la fase de crecimiento vegetal.

\*\* Extra-peninsular: Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla.

**Tabla 15: Coeficientes de conversión a energía primaria y de paso a emisiones de CO<sub>2</sub>.**

En el caso de la electricidad, el coeficiente de paso a energía primaria refleja el gasto de energía primaria en KWh<sub>t</sub> (Kilovatios térmicos) que se necesita en la central térmica de producción eléctrica para que se disponga en el edificio de una cierta energía en KWh<sub>e</sub> (Kilovatios eléctricos). Por consiguiente, se deduce que los rendimientos medios empleados por CALENER\_GT para las centrales de producción eléctrica en España son 0.384 para centrales peninsulares y 0.299 para centrales extra-peninsulares (los inversos de los coeficientes de paso a energía primaria).

Supóngase que el edificio tiene una demanda de X (KWh<sub>e</sub>), para obtener las emisiones asociadas a dicha demanda se debe realiza la operación:

$$E [kgCO_2] = X \cdot c_1 \cdot c_2$$

Donde  $c_1$  y  $c_2$  son los coeficientes de paso a energía primaria y de paso a emisiones de CO<sub>2</sub> respectivamente; para el tipo de energía correspondiente.

#### 5.3.4.6. Clases de eficiencia energética

El programa CALENER\_GT, de acuerdo a lo establecido en el anexo II del Real decreto 47/2007 establece 7 categorías de eficiencia, representadas con su letra correspondiente desde la A a la G, dependiendo del valor que resulte para el indicador de emisiones totales. Además, el programa establece una etiqueta para cada uno de los conceptos mencionados anteriormente.

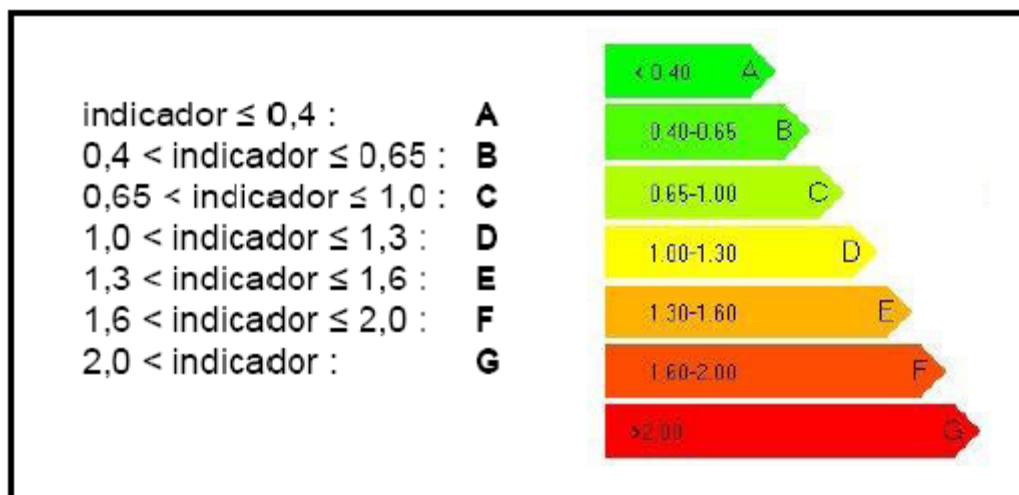


Figura 29: Clases de eficiencia energética

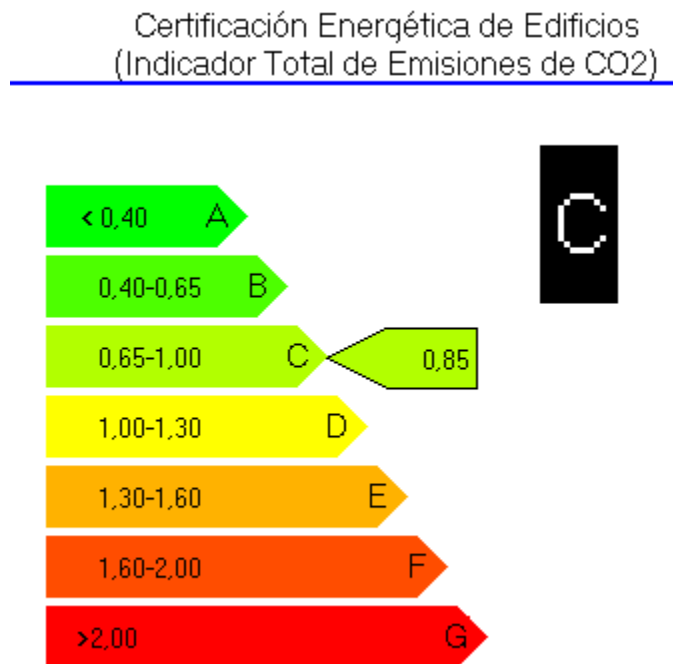
Los edificios de clase A son los más eficientes, con un ahorro mínimo de un 60% respecto al edificio de referencia (edificio que cumple con las especificaciones del CTE), le siguen los edificios de clase B con un ahorro mínimo de un 35% sobre el edificio de referencia.

La finalidad de la calificación es lograr que el edificio objeto tenga una demanda y unas emisiones que como mínimo cumplan con la normativa establecida, esto es, que la clase del edificio sea C o inferior. En los casos en que la calificación obtenida sea D o superior, se deben plantear mejoras sobre el aislamiento y sobre los sistemas de producción y distribución de energía para lograr reducir las emisiones del edificio objeto.

### 5.3.5. Resultado del informe inicial

#### 5.3.5.1. Etiquetas

El resultado principal para el centro comercial de Salamanca muestra el índice total de emisiones de CO<sub>2</sub>, con en que se otorga la clase de eficiencia energética al edificio, que resulta ser de clase C, con un índice global de 0,85:



**Figura 30: Etiqueta global de eficiencia energética C.C de Salamanca**

Como ya se ha explicado, esto significa que la eficiencia energética del edificio en conjunto es admisible dentro de la que tendría el mismo edificio si cumpliera con todas las exigencias del CTE (incluidas las del RITE).

La calificación obtenida, desglosada para cada uno de los conceptos que tiene en cuenta el programa, es la siguiente:



CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS					
Indicadores		OBJ	REF	IND	CAL
Demanda Calefacción:	(kWh/m <sup>2</sup> )	40,3	36,6	1,10	D
Demanda Refrigeración:	(kWh/m <sup>2</sup> )	48,5	49,5	0,98	C
Climatización:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	51,3	17,9	2,86	G
Agua Caliente Sanitaria:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	3,9	45,7	0,09	A
Iluminación:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	6,6	9,5	0,70	C
Total:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	61,8	73,1	0,85	C

OBJ: Edificio objeto de calificación.  
 REF: Valores para el edificio de referencia para la comparación.  
 IND: Valor del indicador.  
 CAL: Letra asignada al indicador para su calificación.

**Tabla 16: Indicadores de eficiencia energética**

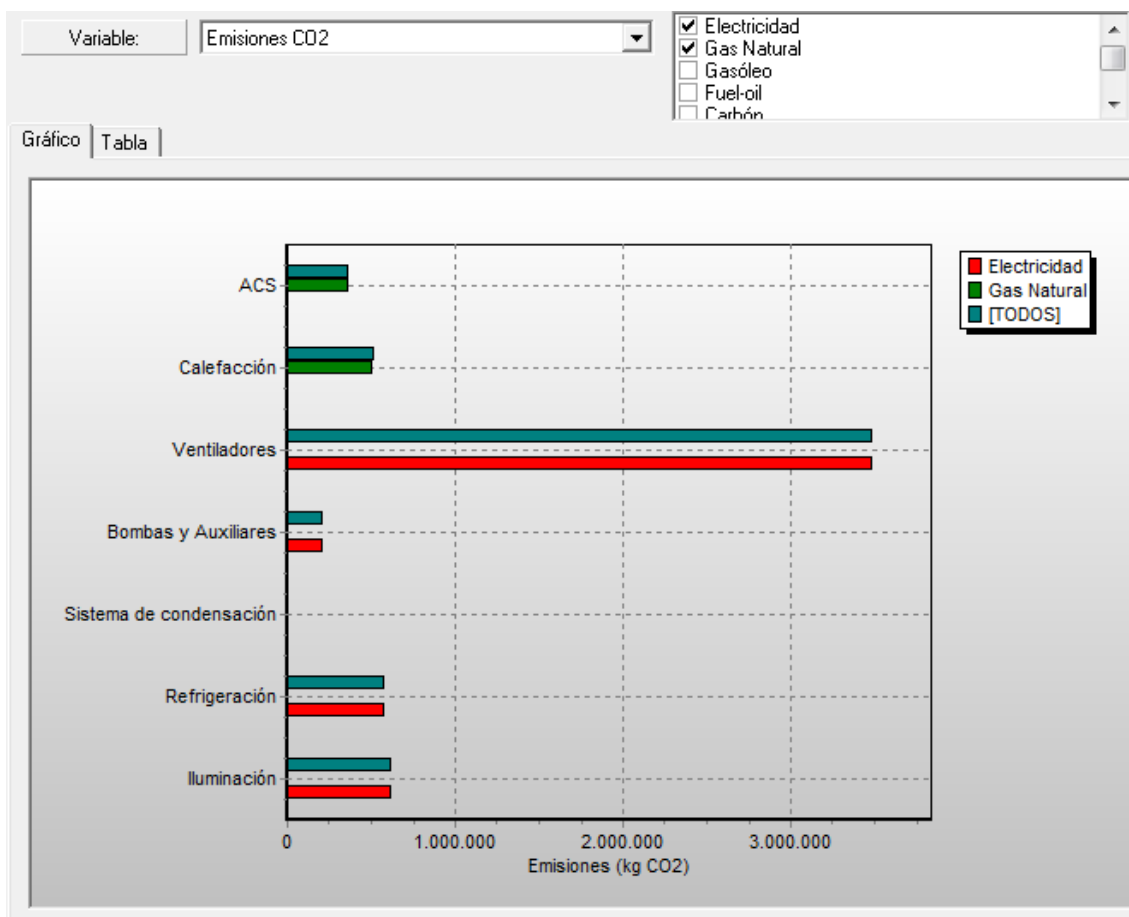
La peor calificación que se ha obtenido es la de demanda de climatización. El indicador es 2.86 que corresponde a una clase G, muy por encima de lo permitido por la normativa. Otro concepto que se debe mejorar es el de calefacción, pues como se ve su indicador es 1.10 que corresponde a una clase D. En lo que respecta a demanda de refrigeración y a emisiones por iluminación el edificio es ligeramente más eficiente que el de referencia.

### 5.3.5.2. Informes anuales

En lado derecho aparecen las fuentes de energía que se emplean en el edificio (Gas natural, Electricidad y TODOS). Excluyendo a la calefacción, La barra azul coincide con la roja para todos los equipos lo que indica que solo emplean Electricidad para funcionar.

Los ventiladores es el sistema que mayores emisiones de CO<sub>2</sub> produce, con más de la mitad de las emisiones totales generadas por el edificio. Resulta sorprendente el alto porcentaje de emisiones asociado a los ventiladores.





Gráfica 5: Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> del C.C de Salamanca

A continuación se presentan los resultados tabulados del gráfico anterior

Emisiones (kg CO2)			
	Electricidad	Gas Natural	[TODOS]
<b>Iluminación</b>	621349,8	0,0	621349,8
<b>Refrigeración</b>	581748,3	0,0	581748,3
<b>Sistema de condensación</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Bombas y Auxiliares</b>	213525,6	0,0	213525,6
<b>Ventiladores</b>	3490608,8	0,0	3490608,8
<b>Calefacción</b>	6899,7	515089,3	521989,1
<b>ACS</b>	0,0	367018,0	367018,0
<b>TOTAL</b>	4914131,5	882107,3	5796239,5

Tabla 17: Fuentes de energía del C.C de Salamanca

Adicionalmente se presenta una tabla en la cual aparecen reflejados los consumos del edificio. Es reseñable que la demanda total del mismo es 11.895.908 kWh mientras que

la demanda de electricidad es 7.571.852,5 kWh. Estos datos son importantes de cara a posteriores experimentos que se abordarán más adelante<sup>5</sup> en este proyecto.

Consumo Energía Final (kWh)			
	Electricidad	Gas Natural	[TODOS]
<b>Iluminación</b>	957395,8	0,0	957395,8
<b>Refrigeración</b>	896376,4	0,0	896376,4
<b>Sistema de condensación</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Bombas y Auxiliares</b>	329007,0	0,0	329007,0
<b>Ventiladores</b>	5378442,0	0,0	5378442,0
<b>Calefacción</b>	10631,3	2524947,8	2535579,5
<b>ACS</b>	0,0	1799107,8	1799107,8
<b>TOTAL</b>	7571852,5	4324055,5	11895908,0

Tabla 18: Consumo de energía del centro comercial de Salamanca

El informe de la calificación obtenido se muestra en el anexo 2 al final de la presente memoria. En dicho informe se resumen todos los datos incluidos en la definición de los sistemas y equipos así como los datos para la definición geométrica y constructiva del edificio.

A la vista de los resultados iniciales parece evidente la necesidad de actuar sobre los equipos de ventilación; sin embargo el objeto de nuestro proyecto es diferente. La línea de actuación se centrará en modificar los parámetros de la iluminación (para ver la influencia de una etiqueta eficiente de los equipos de iluminación en relación a la etiqueta global del edificio) así como la influencia de la compra de energía verde como medio para emitir menos CO<sub>2</sub> y por consiguiente mejorar el etiquetado del centro comercial.

Reiteramos que el objeto de nuestro trabajo no es buscar todas las alternativas posibles para mejorar la eficiencia de nuestro edificio; de ser así, el primer aspecto que modificaríamos serían los ventiladores. El caso es que, solo modificaremos aquellos que dependen de una etiqueta energética y sean significativos, y en este caso son la iluminación (vimos en el apartado 3.2.3.1 los criterios para el etiquetado de la iluminación) y la electricidad consumida (a través de las garantías de origen y el etiquetado de la electricidad, apartados 4.1 y 4.2)

<sup>5</sup> En el apartado 6.2 podremos ver cómo nos son útiles los valores antes mencionados

En la siguiente sección veremos la influencia de estos parámetros en la calificación energética del centro comercial y comprobaremos si realmente estas medidas han sido beneficiosas de cara a nuestros objetivos.



## **Capítulo 6:**

# **¿QUÉ HEMOS HECHO?**



## 6. ¿Qué hemos hecho?

### 6.1. Modificación de los parámetros de la iluminación

Como ya se ha especificado antes, no hay mucho margen a la hora de modificar los parámetros de iluminación en el Calener, ya que las únicas opciones consistían en elegir una iluminación incandescente o fluorescente.

Como la iluminación elegida inicialmente era la fluorescente, no podemos modificar el tipo de luminaria a otra mejor; por tanto nuestras acciones deben dirigirse en el sentido de encontrar el modelo comercial de lámpara fluorescente con la mejor etiqueta energética dentro de las posibles para una lámpara de estas características.

El valor de eficiencia energética de una luminaria no es un parámetro que se proporcione en los catálogos comerciales de las mismas. Los datos que aparecen en los catálogos se centran más en las dimensiones, en la potencia que consumen y en la luminancia que entregan. Estos datos no son válidos para introducirlos en el Calener, ya que solo podemos definirle el  $P_{ilum}$  y el  $VEEI$ .

Es por ello que hemos tomado un valor de referencia admisible y eficiente para elegir el  $VEEI$  óptimo para una lámpara fluorescente. A partir de este valor hemos sacado el  $E_m$  y la  $P_{ilum}$ .

Según vimos en el apartado 5.3.3.3 los valores que habían sido introducidos por “la empresa de ingeniería” fueron:

- $P_{ilum}=4,4 [W/m^2]$
- $VEEI=7 [W/(m^2 \cdot 100lux)]$

Si aplicamos la fórmula de la iluminancia mantenida y sustituimos estos datos obtenemos:

$$\left. \begin{aligned} E_{ilum} &= \frac{P_{ilum} \cdot 100}{VEEI} \\ P_{ilum} &= 4,4 \left[ \frac{W}{m^2} \right] \\ VEEI &= 7 \left[ \frac{W}{m^2 \cdot 100lux} \right] \end{aligned} \right\} E_{ilum} = \frac{4,4 \cdot 100}{7} = 62,86 [lux]$$

Bien, pues partiendo de la hipótesis de que queremos mantener esos 62,86 lux y sabiendo que un buen valor para definir el  $VEEI$  de la luminaria es  $VEEI=3,5$



$[W/(m^2 \cdot 100lux)]$ , entonces el valor de la potencia por unidad de área será  $P_{ilum}=2,2$   $[W/m^2]$

Introduciendo estos valores en todos los espacios iluminados del centro comercial, obtuvimos los resultados de la figura que se muestra a continuación:

Global

Detallada

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS					
Indicadores		OBJ	REF	IND	CAL
Demanda Calefacción:	(kWh/m2)	41,0	38,1	1,08	D
Demanda Refrigeración:	(kWh/m2)	44,3	42,4	1,05	D
Climatización:	(Tn CO2/m2)	51,4	18,8	2,73	G
Agua Caliente Sanitaria:	(Tn CO2/m2)	3,9	45,7	0,09	A
Iluminación:	(Tn CO2/m2)	3,3	3,8	0,87	C
Total:		58,6	68,3	0,86	C

OBJ: Edificio objeto de calificación.

REF: Valores para el edificio de referencia para la comparación.

IND: Valor del indicador.

CAL: Letra asignada al indicador para su calificación.

**Figura 31: calificación energética del edificio con los parámetros: VEEI=3,5 ;  $P_{ilum}=2,2$  W/m<sup>2</sup> ;  $E_m=62,86$  lux**

Como se puede apreciar, no solo no ha mejorado la calificación, sino que ha empeorado en el caso de la demanda de refrigeración (de 0,98 a 1,05), la global (de 0,85 a 0,86) y lo que es más sorprendente, la iluminación (de 0,70 a 0,86).

Esto nos dio a pensar que quizá los valores de los parámetros no eran muy realistas; es cierto que 3,5 es un valor admisible para el valor de la eficiencia energética, pero el

valor introducido inicialmente para la iluminancia media mantenida ( $E_m=62,86$  lux) está muy por debajo de lo que dicen las tablas<sup>6</sup>.

Si partimos de la información de referencia de las tablas de HE 3 para la “eficiencia energética de las instalaciones de iluminación” descubrimos que un buen valor de  $E_m$  para un centro comercial es:  $E_m=500$  lux.

Como se puede apreciar este valor está lejos del inicialmente introducido. Partiendo de este valor y de  $VEEI=3$  como valores válidos, despejamos un valor más realista para la potencia:  $P_{ilum}=15$  [ $W/m^2$ ].

Introduciendo estos datos en el programa, a sabiendas que es un valor más realista, pero más alto de iluminancia, obtuvimos los resultados que se desarrollan el apartado siguiente.

### 6.1.1. Resultados e informes

Como se explicaba en el apartado anterior, los valores que considerábamos realistas y a la vez eficientes para la iluminación con fluorescentes de un centro comercial eran:

- $E_m=500$  [lux]
- $VEEI=3$  [ $W/(m^2 \cdot 100lux)$ ]
- $P_{ilum}=15$  [ $W/m^2$ ]

Estos son los valores que introdujimos en el Calener para estudiar una mejora en la etiqueta energética global del centro comercial de Salamanca. En la siguiente tabla se puede ver una captura de pantalla de los nuevos valores.

---

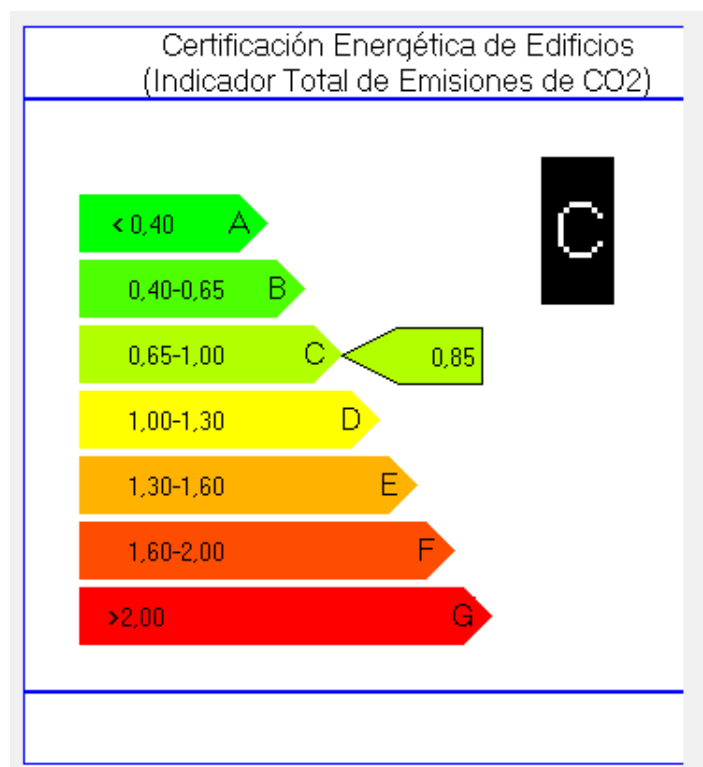
<sup>6</sup> Existen tablas proporcionadas en el HE 3 que definen un valor recomendable para la iluminancia media de distintos edificios terciarios.



	Nombre	Pot./Área (W/m <sup>2</sup> )	Tipo de luminaria	VEEI (W/m <sup>2</sup> ·100lux)	VEEI Límite (W/m <sup>2</sup> ·100lux)	Horario Ilum. Artif.	Existe Control Automático
1	P01_E01	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
2	P01_E02	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
3	P02_E01	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
4	P02_E02	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
5	P03_E03	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
6	P04_E04	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
7	P05_E05	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
8	P05_E06	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
9	P05_E07	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
10	P06_E01	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
11	P06_E02	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
12	P06_E03	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
13	P06_E04	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
14	P06_E05	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
15	P06_E06	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
16	P06_E07	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
17	P06_E08	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
18	P06_E09	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
19	P06_E10	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
20	P06_E11	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
21	P06_E12	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
22	P07_E01	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No
23	P07_E02	15,00	Fluorescente No ventilada	3,00	4,00	Iluminacion-Oficina	No

**Tabla 19: Resumen de características para la iluminación mejorada del centro comercial**

Al ejecutar el cálculo de la calificación energética del edificio se obtuvieron los siguientes resultados:



**Figura 32: Calificación energética global del edificio: VEEI=3 ;  $P_{lum}$ =15 W/m<sup>2</sup> ;  $E_m$ = 500 lux**

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS					
Indicadores		OBJ	REF	IND	CAL
Demanda Calefacción:	(kWh/m2)	37,2	31,5	1,18	D
Demanda Refrigeración:	(kWh/m2)	68,8	75,7	0,91	C
Climatización:	(Tn CO2/m2)	51,0	15,7	3,24	G
Agua Caliente Sanitaria:	(Tn CO2/m2)	3,9	45,7	0,09	A
Iluminación:	(Tn CO2/m2)	22,6	30,1	0,75	C
Total:		77,6	91,5	0,85	C

OBJ: Edificio objeto de calificación.

REF: Valores para el edificio de referencia para la comparación.

IND: Valor del indicador.

CAL: Letra asignada al indicador para su calificación.

**Figura 33: Calificación energética detallada del edificio: VEEI=3 ;  $P_{lum}=15 \text{ W/m}^2$  ;  $E_m= 500 \text{ lux}$**

Es apreciable que la etiqueta energética global del edificio no ha cambiado y algunos indicadores de eficiencia han subido y otros han bajado; pero si hacemos un balance general, podríamos afirmar que no ha habido ningún cambio significativo en la etiqueta energética al cambiar los parámetros de la iluminación.

Por otro lado vamos a analizar en la figura 34 la contribución de cada demanda del edificio para estudiar si en ella ha habido cambios significativos o no:

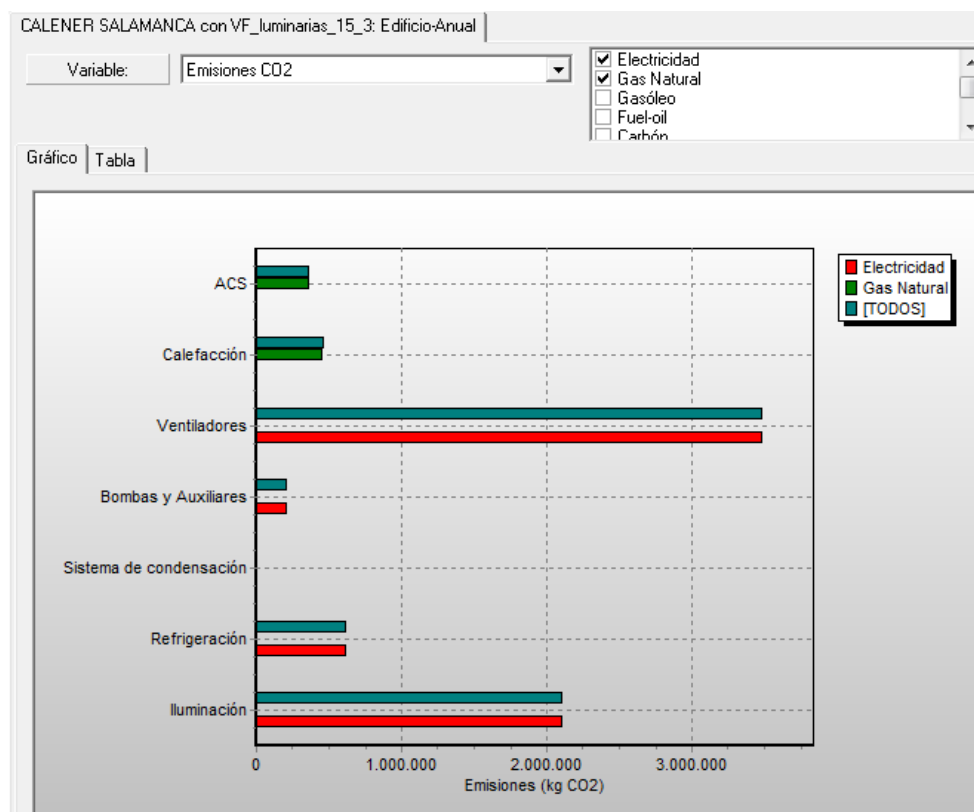


Figura 34: Contribución de cada demanda a las emisiones de CO<sub>2</sub>: VEEI=3 ; P<sub>ilum</sub>=15 W/m<sup>2</sup> ; E<sub>m</sub>= 500 lux

	Electricidad	Gas Natural	[TODOS]
<b>Iluminación</b>	3263834,8	0,0	3263834,8
<b>Refrigeración</b>	952905,2	0,0	952905,2
<b>Sistema de condensación</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Bombas y Auxiliares</b>	323074,5	0,0	323074,5
<b>Ventiladores</b>	5378442,0	0,0	5378442,0
<b>Calefacción</b>	10332,4	2246910,5	2257243,3
<b>ACS</b>	0,0	1799107,8	1799107,8
<b>TOTAL</b>	9928588,0	4046018,3	13974607,0

Tabla 20: Consumo de energía: VEEI=3 ; P<sub>ilum</sub>=15 W/m<sup>2</sup> ; E<sub>m</sub>= 500 lux

Ciertamente las emisiones globales de CO<sub>2</sub> han subido, y sobre todo destaca que la aportación del sistema de iluminación a las emisiones globales es ahora mucho más importante. ¿Ello debe sorprendernos o desanimarnos?

No, todo lo contrario. Como se vio en el apartado 3.2.3.1 el consumo en iluminación puede llegar al 50% del consumo global del edificio. En el caso estudiado hemos introducido valores mucho más reales para la iluminación con una cantidad de luz

disponible casi 10 veces mayor que la que estaba introducida inicialmente (hemos pasado de una  $E_m=62,85$  lux a otra  $E_m=500$  lux).

Por tanto, la subida de la contribución de la iluminación en las emisiones no es sorprendente. Lo que sí que lo es, y en este caso para bien, es que con esa subida la contribución sea bastante menor del 50 % de las emisiones globales (como ocurre en los edificios con una mala gestión en los equipos de iluminación); además habiendo introducido mucha más luz, la etiqueta energética no ha variado. Por tanto, podríamos concluir que las mejoras en los equipos de iluminación han merecido la pena aunque no hayan producido un reflejo en el etiquetado del centro comercial.

## 6.2. Modificación del autoconsumo en términos de contratación de energía verde

Otra de las hipótesis de este trabajo era la mejora de la etiqueta energética a partir del consumo en el centro comercial de energía cuyo origen proviniera de fuentes de energía renovable o de cogeneración de alta eficiencia.

Por desgracia, esta opción no está contemplada dentro de las alternativas posibles del Calener GT; por tanto no es posible a priori especificarle al programa el tipo de energía a consumir.

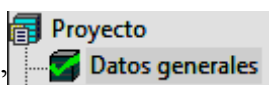
Entonces, ¿qué alternativa tenemos? Como ya se introdujo en el apartado 5.2.1, existen varios módulos tipo árbol dentro del Calener. Uno de ellos es el árbol de

componentes.

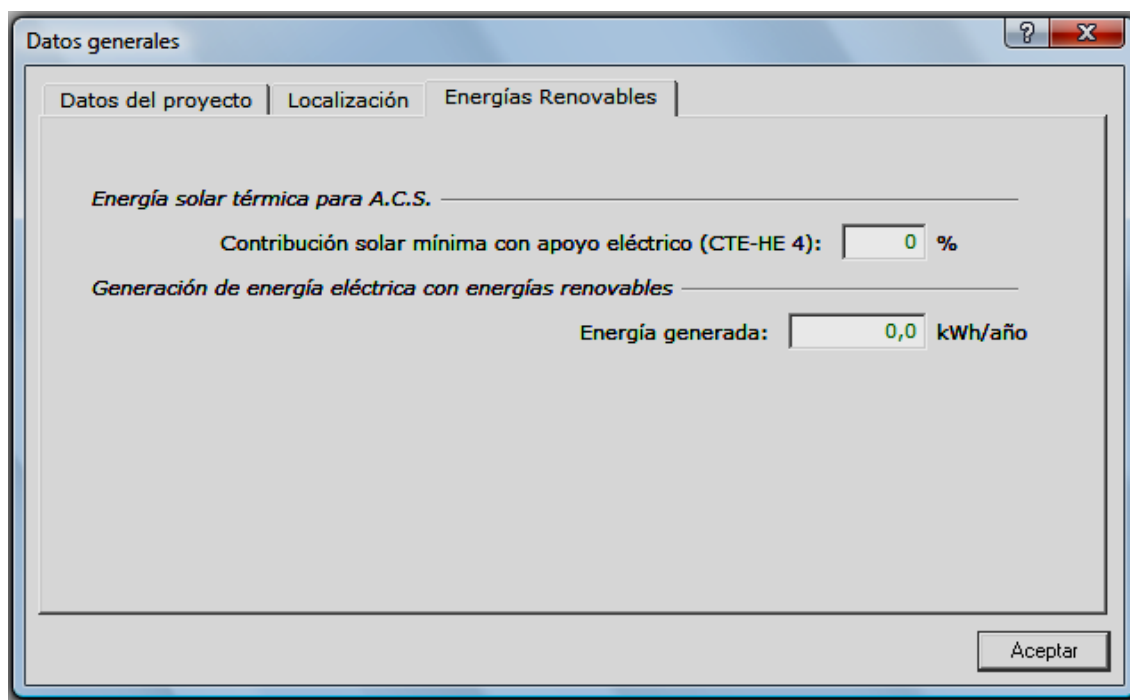


Si entramos en este árbol, la primera “rama” sería “Datos

generales”



Si pinchamos en esta rama se nos abren tres opciones: Datos del Proyecto, Localización y Energías Renovables. Bien, pues precisamente en la última pestaña, es decir la de “Energías Renovables” es donde debemos entrar para simular el consumo de electricidad verde. En la figura 35 podemos ver una captura del menú del que hablamos:



**Figura 35: Captura de pantalla del menú Datos generales**

Se puede apreciar cómo existen dos parámetros a modificar dentro de Datos generales/Energías Renovables. Esos parámetros son “Energía solar térmica para A.C.S.” y “Generación de energía eléctrica con energías renovables”.

El primero de los parámetros define en porcentaje la cantidad de calor respecto del total consumido, que proviene de paneles solares térmicos para calentamiento de un fluido, instalados en el edificio.

El segundo de los parámetros define el número de kWh al año suministrados por paneles fotovoltaicos del propio edificio.

Si pensamos en el fundamento de cómo se obtiene la etiqueta energética y volvemos al punto 5.3.4, nos damos cuenta que la calificación energética es el siguiente cociente:

$$\text{Indicador} = \frac{\text{Emisiones}_{CO_2_{\text{edificio\_objeto}}}}{\text{Emisiones}_{CO_2_{\text{edificio\_referencia}}}}$$

{ Indicador < 1 edificio objeto más eficiente que edificio de referencia  
 { Indicador > 1 edificio objeto menos eficiente que edificio de referencia

Es decir, que si reducimos las emisiones de CO<sub>2</sub> del edificio objeto, estaremos reduciendo el indicador del etiquetado energético.

Al introducir en el programa una cantidad de energía generada a partir de paneles fotovoltaicos estamos disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono, manteniendo fija la demanda de energía del centro comercial.

Esto es lo mismo que ocurre cuando compramos energía 100% proveniente de fuentes de energía renovables; la demanda de energía del edificio no varía, pero las emisiones de CO<sub>2</sub> acarreadas por este consumo sí. Ya no podemos decir que 1 kWh de electricidad genera 0,65 kg de CO<sub>2</sub><sup>7</sup>, sino que en este caso, que 1 kWh de electricidad genera 0 kg de CO<sub>2</sub>. Es evidente que el fundamento es el mismo.

Es por ello que en este apartado introduciremos distintos valores de energía “autogenerada” para ver qué influencia tiene en la etiqueta final.

Los casos que estudiaremos serán:

- Toda la demanda del edificio es cubierta con electricidad verde/alta eficiencia
- Límite de consumo de electricidad verde/ alta eficiencia para mejorar la etiqueta energética

### 6.2.1. Toda la energía que consume es energía verde

Partiendo del caso inicial (con una  $E_m=62,86$  lux,  $VEEI=7$  y una  $P_{lum}=4,4$ ) hemos analizado el consumo total de electricidad que tiene el edificio. Recordemos, que el dato a introducir en la pestaña de “Energías Renovables” viene en kWh/año.

Como muestra la siguiente tabla, la media de electricidad que consume el centro comercial de Salamanca es 7571852,5 Kwh/año.

<sup>7</sup> Véase el apartado 5.3.4.5 donde aparecen reflejados los coeficientes de equivalencia de emisiones



Consumo Energía Final (kWh)			
	Electricidad	Gas Natural	[TODOS]
<b>Iluminación</b>	957395,8	0,0	957395,8
<b>Refrigeración</b>	896376,4	0,0	896376,4
<b>Sistema de condensación</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Bombas y Auxiliares</b>	329007,0	0,0	329007,0
<b>Ventiladores</b>	5378442,0	0,0	5378442,0
<b>Calefacción</b>	10631,3	2524947,8	2535579,5
<b>ACS</b>	0,0	1799107,8	1799107,8
<b>TOTAL</b>	7571852,5	4324055,5	11895908,0

**Tabla 21:** Consumo de energía del C.C de Salamanca con  $E_m=62,86$  lux,  $VEEI=7$  y una  $P_{ilum}=4,4$

Si introducimos ese valor como input de energía autoconsumida por paneles fotovoltaicos, igual que se desarrolló en el apartado anterior, estaremos simulando el consumo de electricidad verde/eficiente para satisfacer la demanda anual de electricidad en el centro comercial. En la figura 36 vemos una imagen de ello.

Datos del proyecto | Localización | **Energías Renovables**

*Energía solar térmica para A.C.S.*

Contribución solar mínima con apoyo eléctrico (CTE-HE 4):  %

*Generación de energía eléctrica con energías renovables*

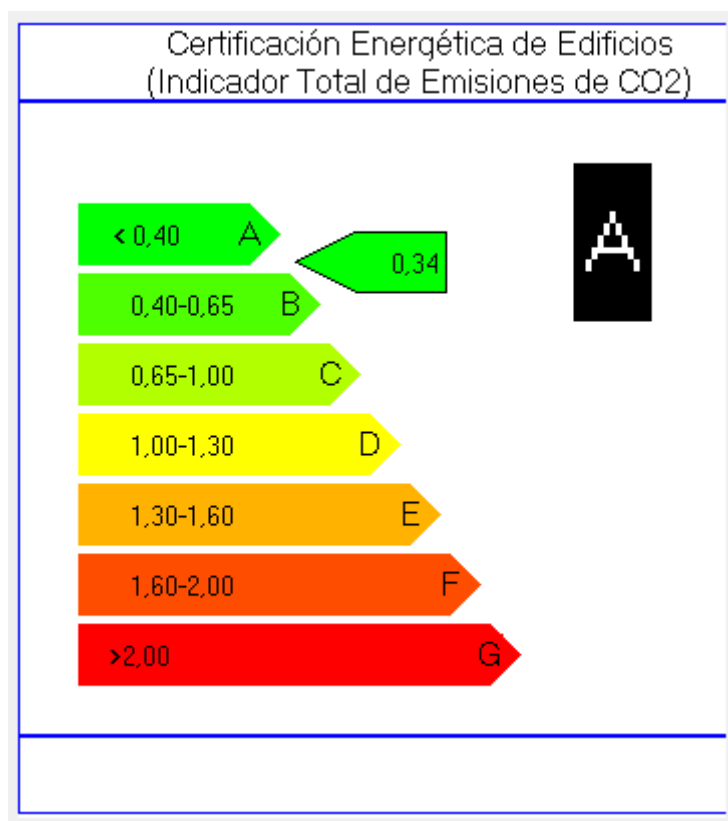
Energía generada:  kWh/año

**Figura 36:** Toda la energía demandada por el edificio es generada con fuentes de energía renovables

Al generar esta modificación, pero manteniendo constantes el resto de parámetros de los sistemas del edificio se puede prever que casi seguro se mejorará la etiqueta energética. De hecho, echando un vistazo a la demanda de energía del centro comercial, podemos ver que la electricidad supone del orden de las tres cuartas partes de la energía total

consumida. Esto nos da a pensar que la etiqueta energética habrá cambiado muy significativamente y probablemente llegue hasta la calificación A.

Aún así, veremos los resultados obtenidos:



**Figura 37: Etiqueta energética del centro comercial con un consumo total de electricidad verde/eficiente**

Efectivamente y tal cual habíamos predicho en el párrafo anterior, la calificación ha mejorado espectacularmente desde C hasta A.

Al echar un vistazo al etiquetado de manera detallada se puede observar que, siendo la iluminación la que depende totalmente de la electricidad, ha mejorado su calificación como se muestra en la figura 38.

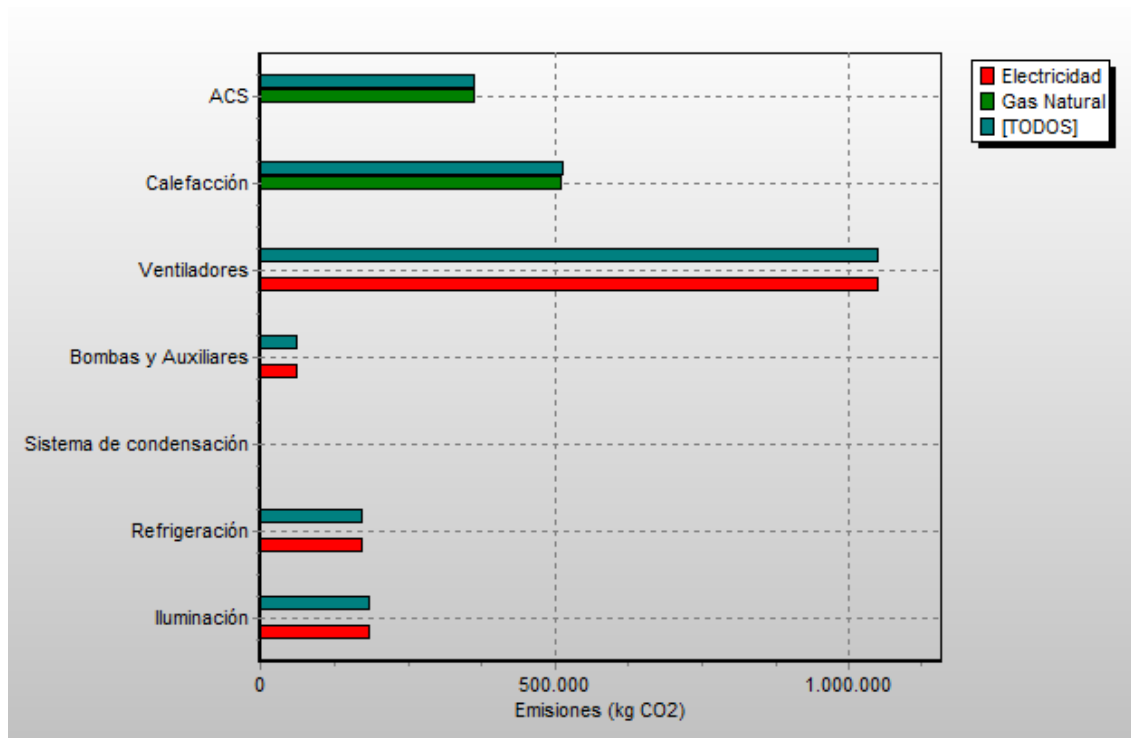


CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS					
Indicadores		OBJ	REF	IND	CAL
Demanda Calefacción:	(kWh/m <sup>2</sup> )	40,3	36,6	1,10	D
Demanda Refrigeración:	(kWh/m <sup>2</sup> )	48,5	49,5	0,98	C
Climatización:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	19,3	17,9	1,08	D
Agua Caliente Sanitaria:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	3,9	45,7	0,09	A
Iluminación:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	2,0	9,5	0,21	A
Total:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	25,2	73,1	0,34	A

OBJ: Edificio objeto de calificación.  
 REF: Valores para el edificio de referencia para la comparación.  
 IND: Valor del indicador.  
 CAL: Letra asignada al indicador para su calificación.

**Figura 38: Calificación energética detallada del centro comercial con un consumo total de electricidad verde/eficiente**

Observando la contribución de cada demanda a las emisiones globales de CO<sub>2</sub> vemos que ahora es la refrigeración y la calefacción las que han cobrado más protagonismo. Esto es debido a que estos sistemas dependen del gas natural, no de la electricidad. Por ello, no es que estos sistemas hayan subido en su aportación a las emisiones, sino que los sistemas que dependían más directamente de la electricidad han bajado (ver figura 39)



**Figura 39: Emisiones de CO<sub>2</sub> por cada demanda en el caso de con un consumo total de electricidad verde/eficiente**

No nos debemos dejar engañar por esta gráfica. Vemos que la contribución de los ventiladores sigue siendo la más alta, pero es que si nos fijamos bien en la escala, antes se alcanzaban los 3,5<sup>8</sup> millones de kg de CO<sub>2</sub> emitidos, mientras que ahora son poco más de un millón. La mejora es rotunda y va en la línea de nuestra hipótesis inicial.

Por último, tal cual muestra la tabla 22, el consumo de energía final es el mismo, ya que solo nos muestra la demanda del edificio (la demanda del edificio no varía, independientemente de qué distribuidora venga la electricidad)

<sup>8</sup> Ver apartado 5.3.5: Resultado del informe inicial para comprobar la gráfica de partida

Consumo Energía Final (kWh)			
	Electricidad	Gas Natural	[TODOS]
<b>Iluminación</b>	957395,8	0,0	957395,8
<b>Refrigeración</b>	896376,4	0,0	896376,4
<b>Sistema de condensación</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Bombas y Auxiliares</b>	329007,0	0,0	329007,0
<b>Ventiladores</b>	5378442,0	0,0	5378442,0
<b>Calefacción</b>	10631,3	2524947,8	2535579,5
<b>ACS</b>	0,0	1799107,8	1799107,8
<b>TOTAL</b>	7571852,5	4324055,5	11895908,0

**Tabla 22: Consumo de energía del C.C de Salamanca en el caso de con un consumo total de electricidad verde/eficiente**

Con todo esto, podemos afirmar que la hipótesis de partida (en la que pretendíamos mejorar la calificación energética introduciendo electricidad verde como materia prima para cubrir la demanda eléctrica) se ha cumplido.

Ya solo nos queda analizar los límites a partir de los cuales una determinada cantidad de electricidad “verde” mejora la nota de nuestro edificio. Esto lo veremos en el siguiente apartado.

### **6.2.2. Búsqueda del límite para mejora de la calificación para no comprar toda la energía verde**

A lo largo de nuestro proyecto se han explicado las bondades de la energía renovable. Hemos visto la importancia que tiene ésta de cara a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, la dependencia energética de nuestro país en términos de materias primas, y en definitiva el papel que cumple para asegurar un futuro más sostenible.

El problema reside en otro factor que también preocupa a muchos ciudadanos: el precio. Cabe destacar que consumir electricidad proveniente de fuentes de energía renovables o de alta eficiencia no sale gratis; de hecho ni siquiera tiene un precio del mismo orden. Para hacernos una idea y poner un ejemplo, la electricidad proveniente de paneles fotovoltaicos es casi 6 veces más cara que la electricidad que llega a nuestros hogares. Esto es un tema determinante, especialmente si eres el dueño de un centro comercial y como empresario tu objetivo es ganar dinero.



Es por ello que quizás en algunos casos sea más atractivo mejorar la etiqueta energética, pero ahorrando en lo posible la contratación de energía verde.

Es precisamente esto lo que vamos a estudiar en este apartado: ¿en qué medida mejora la calificación energética al consumir distintas proporciones de electricidad proveniente de fuentes de energía renovable?

Para ello introduciremos en la pestaña de “Energías Renovables” del Calener distintos porcentajes de la demanda total en forma de autoconsumo, tal cual se explicó en el apartado 6.2. De este modo veremos a partir de qué valores se mejora el etiquetado. En la tabla 23 podemos ver los resultados obtenidos:

Demanda de electricidad (kWh/año)		7.571.853	
Autoconsumo		etiqueta	calificación
%	kWh/año		
0	0	0,85	C
20	1.514.371	0,75	C
40	3.028.741	0,65	B
60	4.543.112	0,55	B
80	6.057.482	0,45	B
90	6.814.667	0,40	A
100	7.571.853	0,34	A

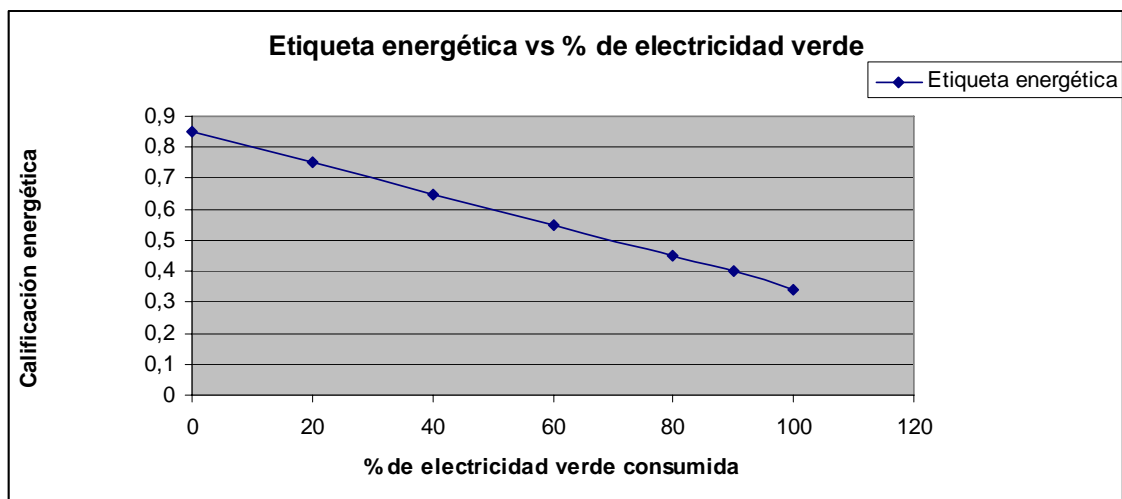
**Tabla 23:** Tabla resumen de la influencia de la contratación de electricidad verde en el etiquetado

Como queda reflejado en la tabla anterior, no es necesaria la contratación de toda la electricidad para mejorar la etiqueta. Podemos ver cómo tan solo contratando un 40% de la demanda en forma de electricidad con garantías de origen mejoramos la calificación de C a B.

Si quisiéramos mejorar aún más y conseguir una calificación de A tampoco sería necesaria del 100%, pero sí una inversión bastante más alta que en el caso anterior ya que no se alcanzaría nuestro objetivo hasta contratar un 90% de la demanda en forma de electricidad con garantías de origen.

Para hacernos una idea de la evolución que sigue la calificación de nuestro edificio en función de los distintos grados de contratación de “ecoelectricidad ” con respecto de la demanda podemos ver el siguiente gráfico.





**Gráfica 6: Dependencia de la etiqueta energética con respecto a varios porcentajes de la demanda en forma de electricidad verde consumida.**

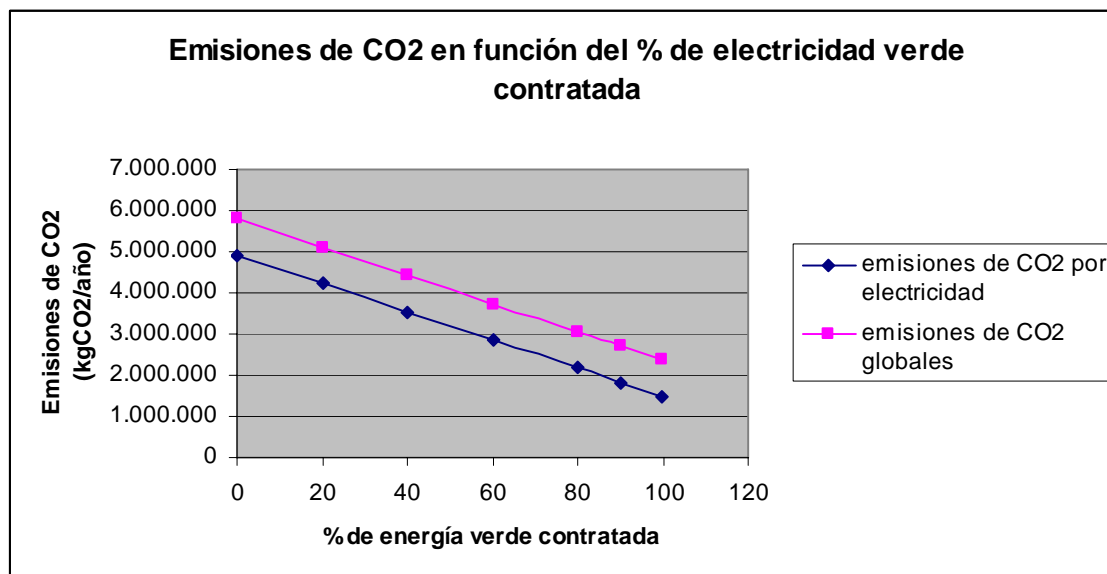
Por supuesto en ninguno de los casos anteriores cambia la demanda del edificio en ninguno de los aspectos, ya que no importa de dónde provenga la electricidad de cara al propio consumo del edificio.

Lo que sí cambia es las emisiones debidas al consumo de electricidad y consecuentemente, las emisiones globales del edificio.

En la tabla 24 y la gráfica 7 podemos ver cómo evolucionan las emisiones de CO<sub>2</sub> en función de la energía verde contratada.

Porcentaje de energía verde contratada (%)	Emisiones (kgCO <sub>2</sub> /año)		Consumo de energía (kWh/año)	calificación
	por electricidad	global		
0	4.914.132	5.796.239	11.895.908	C
20	4.227.350	5.109.457	11.895.908	C
40	3.540.561	4.422.668	11.895.908	B
60	2.853.779	3.735.886	11.895.908	B
80	2.166.996	3.049.103	11.895.908	B
90	1.823.598	2.705.704	11.895.908	A
100	1.480.206	2.362.314	11.895.908	A

**Tabla 24: Evolución de las emisiones y del consumo de energía en función de la energía verde contratada**



**Gráfica 7: Evolución de las emisiones en función de la energía verde contratada**

Observando la tabla y la gráfica llegamos a varias conclusiones:

- El consumo de energía no varía entre un caso y otro
- Las emisiones de CO<sub>2</sub> siguen una trayectoria lineal
- La diferencia entre las emisiones debidas al consumo de electricidad y las emisiones globales del edificio es siempre la misma. Esto es porque las emisiones debidas al consumo de gas natural no cambia, independientemente del tipo de electricidad contratada.

A la vista de estos resultados, las observaciones entran dentro de la lógica, lo cual nos lleva a pensar que la simulación de la contratación de energía verde, como si fuera electricidad autoconsumida por el edificio, es correcta.

Sólo hay un dato que nos desconcierta de todos los resultados obtenidos: si nos fijamos en la tabla 24, vemos que al contratar el 100% de la demanda aún siguen habiendo emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera debidas a la electricidad, cuando la lógica nos diría que no debería haber ninguna. Si el 100% de la demanda es suministrada por paneles solares ¿por qué hay emisiones de CO<sub>2</sub> si la producción no usa fuentes de energía con Carbono?

La única respuesta que se nos ocurre es que el programa no está pensado para tener una autoproducción tan grande y es por ello que es impreciso a la hora de proporcionarnos las emisiones del centro comercial debidas a la electricidad. Aún así, y como se ha desarrollado antes, el resto de parámetros son precisos y lógicos; por tanto se pueden tomar como válidos.

Ya solo queda decidir por parte del dueño del centro comercial el equilibrio que quiere para su edificio entre la electricidad con garantías de origen contratada, la etiqueta que desea obtener y el dinero que se quiere gastar.

### **6.3. Modificación conjunta de iluminación y autoconsumo**

En este apartado se estudiará la influencia conjunta de las modificaciones que hicimos en la iluminación en el apartado 6.1.1 y el consumo de distintos porcentajes de electricidad ecológica.

Igual que en el punto anterior, estudiando tablas y gráficos podremos llegar a la conclusión de si la mejora en los equipos de iluminación combinada con la contratación de distintos porcentajes de electricidad con garantías de origen, mejora la etiqueta energética del edificio. Además podremos analizar si estas mejoras conjuntas son más eficaces que cada una de ellas por separado.

Para hacer las pruebas pertinentes hemos de introducir como datos de entrada para la iluminación:

- $E_m=500$  [lux]
- $VEEI=3$  [W/(m<sup>2</sup>·100lux)]
- $P_{ilum}=15$  [W/m<sup>2</sup>]

Con estos datos ya vimos que la demanda eléctrica del edificio aumentaba. Bien, pues la nueva demanda eléctrica del edificio es 9.928.588 kWh/año.

En ésta ocasión la cantidad de electricidad introducida en el Calener como “autoconsumo” ha de ser distintas proporciones del valor anterior, de tal forma que



cuando introduzcamos el 100% de la demanda del edificio en forma de “autoconsumo” deberá ser precisamente 9.928.588 kWh/año. (ver ejemplo en la figura 40)

Datos generales

Datos del proyecto | Localización | Energías Renovables

Energía solar térmica para A.C.S. \_\_\_\_\_

Contribución solar mínima con apoyo eléctrico (CTE-HE 4):  %

Generación de energía eléctrica con energías renovables \_\_\_\_\_

Energía generada:  kWh/año

Aceptar

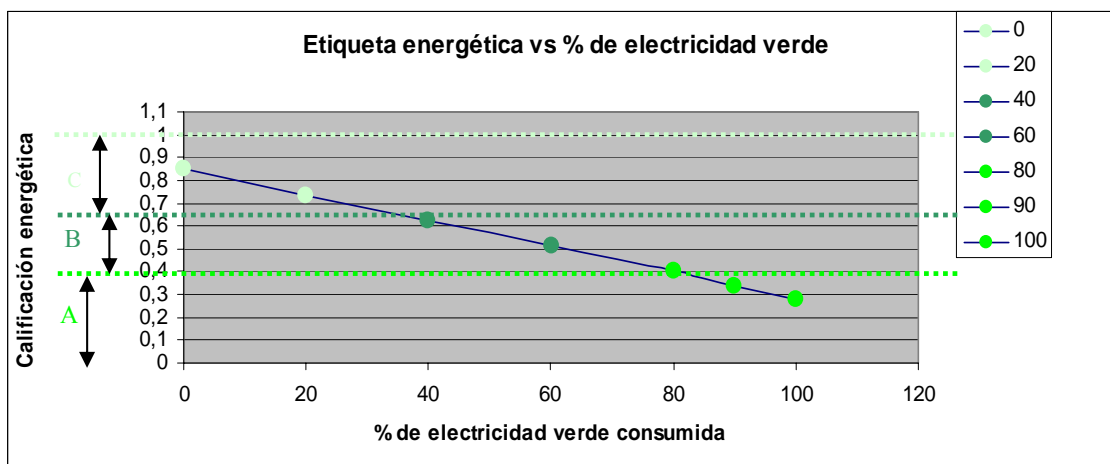
**Figura 40:** Input del edificio para un 100% de contratación de energía verde y con los parámetros: VEEI=3 ;  $P_{\text{ilum}}=15 \text{ W/m}^2$  ;  $E_m= 500 \text{ lux}$

Después de explicar el propósito de nuestros cálculos, pasemos a analizar los resultados obtenidos. Los primeros datos interesantes se pueden apreciar en la tabla 25 y en la gráfica 8:

Demanda de electricidad (kWh/año)		9.928.588	
Autoconsumo		etiqueta	calificación
%	kWh/año		
0	0	0,85	C
20	1.985.718	0,73	C
40	3.971.435	0,62	B
60	5.957.153	0,51	B
80	7.942.870	0,40	A
90	8.935.729	0,34	A
100	9.928.588	0,28	A

**Tabla 25:** Tabla resumen de la influencia de la contratación de electricidad verde en el etiquetado, con los parámetros: VEEI=3 ;  $P_{\text{ilum}}=15 \text{ W/m}^2$  ;  $E_m= 500 \text{ lux}$





**Gráfica 8: Dependencia de la etiqueta energética con respecto a varios porcentajes de la demanda en forma de electricidad verde consumida con los parámetros:  $VEEI=3$  ;  $P_{ilum}=15 \text{ W/m}^2$  ;  $E_m=500 \text{ lux}$**

Efectivamente la mejora conjunta ha sido mejor que por separado. En la tabla y gráfica anteriores vemos cómo conseguimos la calificación de A, pero esta vez contratando tan solo un 80% de electricidad con garantías de origen (si recordamos, antes se necesitaba un 90 % para alcanzar este objetivo)

Estos resultados son óptimos ya que hemos conseguido una iluminación de mayor calidad (en torno a un 900% más de incremento en iluminancia) mejorando las prestaciones y eficiencias de las luminarias y a la vez podemos alcanzar un etiquetado de A al contratar parte de la demanda de electricidad a distribuidoras con garantías de origen.

Adicionalmente, al combinar ambas mejoras no solo se mejora la etiqueta global del edificio, sino que se mejoran todas las demandas parciales del mismo. Si recordamos, en el apartado 5.3.5.1 vimos que las peores demandas era la de climatización con una G (2,86). Bien, pues al observar el ejemplo de 100% de contratación con las mejoras en la iluminación obtenemos los resultados reflejados en la figura 41:

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS					
Indicadores		OBJ	REF	IND	CAL
Demanda Calefacción:	(kWh/m <sup>2</sup> )	37,2	31,5	1,18	D
Demanda Refrigeración:	(kWh/m <sup>2</sup> )	68,8	75,7	0,91	C
Climatización:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	16,3	15,7	1,04	D
Agua Caliente Sanitaria:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	3,9	45,7	0,09	A
Iluminación:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	5,6	30,1	0,19	A
Total:	(Tn CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	25,8	91,5	0,28	A

OBJ: Edificio objeto de calificación.  
 REF: Valores para el edificio de referencia para la comparación.  
 IND: Valor del indicador.  
 CAL: Letra asignada al indicador para su calificación.

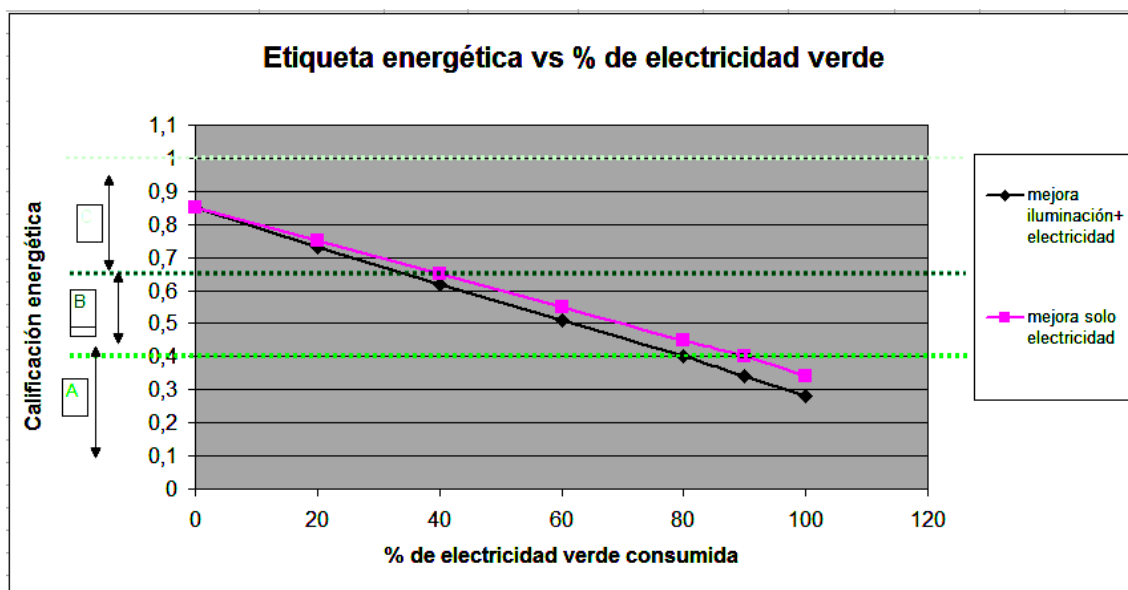
**Figura 41: :Calificación energética detallada del edificio con 100% de contratación de electricidad verde y VEEI=3 ;  $P_{lum}=15 \text{ W/m}^2$  ;  $E_m= 500 \text{ lux}$**

Para completar este análisis, en la tabla 26 y en la gráfica 9 se comparan en una misma tabla y gráfica la evolución de la etiqueta y de la calificación energética, a partir de una mejora individual (como la vista en el apartado 6.2.2) y una mejora combinada entre la iluminación y la energía consumida.

Mejoras	mejora exclusiva en la contratación de energía verde			mejora conjunta: iluminación + contratación de energía verde		
<b>Demanda de electricidad (kWh/año)</b>	7.571.853			9.928.588		
% de la demanda como autoconsumo	Autoconsumo kWh/año	etiqueta	calificación	Autoconsumo kWh/año	etiqueta	calificación
0	0	0,85	C	0	0,85	C
20	1.514.371	0,75	C	1.985.718	0,73	C
40	3.028.741	0,65	B	3.971.435	0,62	B
60	4.543.112	0,55	B	5.957.153	0,51	B
80	6.057.482	0,45	B	7.942.870	0,40	A
90	6.814.667	0,40	A	8.935.729	0,34	A
100	7.571.853	0,34	A	9.928.588	0,28	A

**Tabla 26: Comparación de la influencia en el etiquetado entre mejoras en la contratación de energía verde, frente a mejoras conjuntas: iluminación + energía verde**



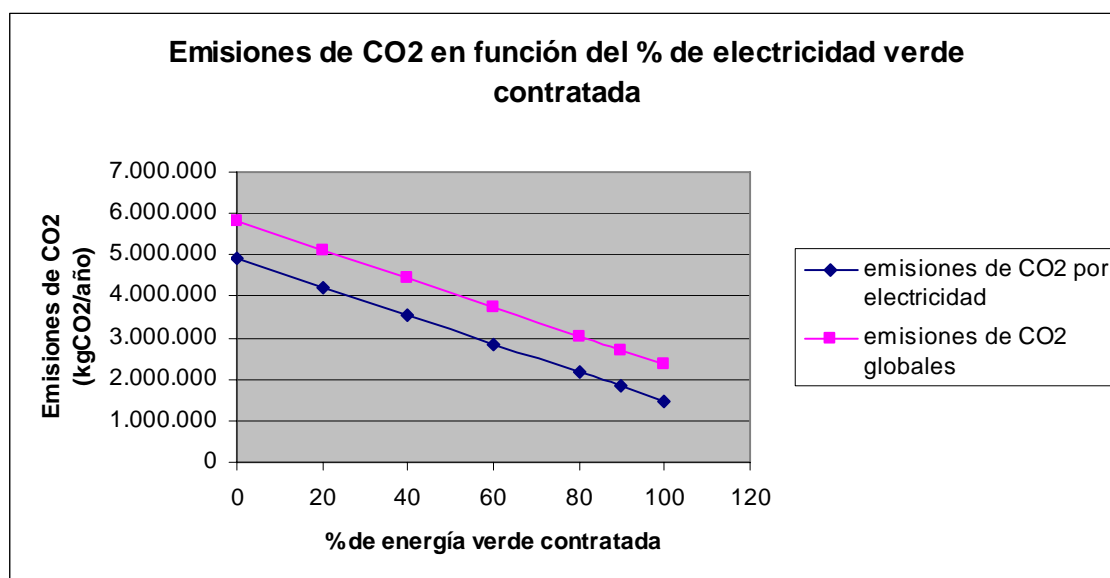


**Gráfica 9: Comparación de la influencia en el etiquetado entre mejoras en la contratación de energía verde, frente a mejoras conjuntas: iluminación + energía verde**

Por último, y sin mayor propósito que el de ilustrar la contribución de estas modificaciones a las emisiones de CO<sub>2</sub>, se presentan la tabla 27 y gráfica 10 con un resumen de la información proporcionada por Calener.

Porcentaje de energía verde contratada (%)	Emisiones (kgCO <sub>2</sub> /año)		Consumo de energía (kWh/año)	calificación
	por electricidad	global		
0	6.443.654	7.269.041	13.974.607	C
20	5.473.761	6.299.148	13.974.607	C
40	4.503.876	5.329.264	13.974.607	B
60	3.533.982	4.359.370	13.974.607	B
80	2.564.088	3.389.476	13.974.607	A
90	2.079.146	2.904.534	13.974.607	A
100	1.594.194	2.419.582	13.974.607	A

**Tabla 27: Evolución de las emisiones y del consumo de energía en función de la energía verde contratada con los parámetros: VEEI=3 ; P<sub>ilum</sub>=15 W/m<sup>2</sup> ; E<sub>m</sub>= 500 lux**



**Gráfica 10: Evolución de las emisiones en función de la energía verde contratada con los parámetros: VEEI=3 ;  $P_{\text{ilum}}=15 \text{ W/m}^2$  ;  $E_m=500 \text{ lux}$**

Los comentarios a esta tabla y gráfica serían los mismos que los aportados en el apartado 6.2.2 ya que los resultados siguen la misma distribución.

Por ello, podemos pasar ya a las conclusiones.

## **Capítulo 7:**

# **RESUMEN Y CONCLUSIONES**



## 7. Resumen y Conclusiones

El centro comercial de Salamanca cumple inicialmente con la normativa de la sección HE-1 del código técnico de la edificación, ya que su calificación energética es de C y un índice de 0,85; es decir menor índice que el que tendría el mismo edificio si únicamente cumpliera con las especificaciones más bajas contempladas en el HE-1. Por tanto se ha partido de un edificio que cumplía la normativa.

Si nos fijamos en las emisiones del centro comercial, estas alcanzaban la cantidad de 5796239,5 kg de CO<sub>2</sub> al año, debidas a un consumo total de energía 11.895.908 kWh entre electricidad y gas natural.

Tras el análisis inicial del centro comercial, se observó que no todos las demandas del edificio tenían una calificación mejor que D. Las que más se desviaban del mínimo establecido eran la demanda de climatización (la peor con un indicador de 2.86 que corresponde a una clase G, muy por encima de lo permitido por la normativa) seguida de la calefacción (con un indicador de 1,10 correspondiente a una clase C). En cuanto a las emisiones el consumo que más contribuía era el de ventilación (3.490.608,8 kg de CO<sub>2</sub>) debido a que era el sistema que más energía consumía.

Aún con estos resultados decidimos abordar las mejoras en términos de iluminación y contratación de electricidad con garantías de origen. El motivo era el de ver qué contribución tenía el etiquetado energético de éstos, en la calificación global del edificio. Finalmente se comprobó que estas mejoras cumplían con la premisa inicial de manera espectacular.

Efectivamente las mejoras se centraron en dos aspectos, mejoras en la iluminación y contratación de electricidad con garantías de origen. Seguidamente se explicarán las decisiones que se tomaron y los resultados que se obtuvieron:

- Mejoras en la iluminación:

En cuanto a iluminación se trataba, partíamos de unos parámetros introducidos inicialmente en el programa y que nosotros estimamos que no eran demasiado realistas.

Los parámetros eran iluminación con fluorescentes,  $E_m=62,85$  lux,  $P_{ilum}=4,4$  W/m<sup>2</sup> y VEEI=7.

Nosotros, consultando en tablas proporcionadas por el CTE decidimos dotar al centro comercial con una iluminancia de  $E_m=500$  lux y una potencia por unidad de área de  $P_{ilum}=15$  W/m<sup>2</sup> y un valor de eficiencia energética VEEI=3 (valor típico correspondiente a un fluorescente con etiquetado energético A).

Con éstas modificaciones, sabiendo que estábamos introduciendo un 900% más de iluminación la etiqueta energética del edificio no varió, gracias a que habíamos utilizado iluminación eficiente. Esto nos llevó a pensar que las modificaciones acometidas iban por buen camino.

- Contratación de energía verde:

La segunda manera con la que pretendíamos mejorar la nota de nuestro edificio era a partir de la contratación de electricidad con garantías de origen para cubrir la demanda eléctrica. Como el Calener GT no contempla esta opción la simulamos en forma de electricidad autogenerada con paneles fotovoltaicos.

En este caso también obtuvimos resultados positivos ya que con una contratación del 40 y 90% de la demanda en términos de electricidad verde/eficiente se mejoraba la calificación del edificio hasta B (0,65) y A (0,40) respectivamente.

- Mejora conjunta en la iluminación y contratación de energía verde

Combinando ambas mejoras es donde se obtuvieron mejores resultados. En este caso se mejoraba la etiqueta energética respecto al caso anterior en todos los aspectos y conseguíamos una calificación de A contratando un 10% menos de electricidad con garantías de origen (es decir, cubriendo solo un 80% de la demanda con electricidad proveniente de fuentes de energía no contaminantes)



Aunque los resultados generales fueron muy satisfactorios, también nos encontramos con un par de problemas significativos:

1. A la hora de seleccionar el tipo de luminaria a utilizar en el edificio, sólo teníamos la opción de la incandescencia y de la fluorescencia, lo cual limitaba bastante nuestro campo de actuación ya que no teníamos un rango amplio para probar distintos valores.
2. En el apartado en el que contratábamos el 100% de la electricidad a una distribuidora ecológica (apartado 6.2.2), comprobamos que aún había emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de electricidad. La explicación que le dimos a este suceso es que el programa no estaba pensado para autogenerar una cantidad tan alta de electricidad y es por ello que era impreciso y no daba exactamente 0 kg de CO<sub>2</sub> al año.

A modo de propuesta y mejora del propio programa, creemos que sería positivo incluir los siguientes aspectos:

1. Un abanico mayor a la hora de elegir el tipo de iluminaria a instalar en el edificio.
2. Un módulo que contemple la contratación de electricidad a partir de fuentes de energía no contaminantes. Lo óptimo es que pudiéramos introducir la cantidad en forma de porcentaje, con lo que un 100% de contratación de electricidad verde supusiera 0 kg de emisiones de CO<sub>2</sub> asociados al consumo de electricidad.

Creemos que estas mejoras enriquecerían el programa y proporcionarían más alternativas en la búsqueda de un diseño ideal de edificio terciario, ya que el Calener GT es un programa de uso oficial y que está muy extendido.

Por último, dejamos para futuras investigaciones el abordar el resto de aspectos que modifican la demanda del edificio. Especialmente importante sería mejorar en la medida de lo posible los equipos de ventilación.





Estimamos que si se mejoraran todas las demandas del edificio, casi con toda seguridad sería necesario contratar aún menos electricidad con garantías de origen lo que sería beneficioso en dos aspectos: derrocharíamos menos energía y la electricidad que contratásemos sería más barata.



## **Capítulo 8:**

# **BIBLIOGRAFÍA**



## 8. Bibliografía

- [http://www.wikilearning.com/monografias/necesidades\\_que\\_satisface\\_administracion/busqueda/1](http://www.wikilearning.com/monografias/necesidades_que_satisface_administracion/busqueda/1)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo\\_sostenible](http://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_sostenible)
- <http://mundorecicla.blogspot.com/2009/11/etiqueta-energetica.html>
- <http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Paginas/certificacion.aspx>
- Guía Técnica de Iluminación Eficiente
- IDAE: Curso de Etiquetado Energético de electrodomésticos
- CIRCULAR 1/2008, de 7 de febrero, de la Comisión Nacional de Energía sobre el etiquetado de la electricidad
- Documento Básico HE de ahorro de energía: HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- ORDEN ITC/1522/2007, de 4 de Mayo, sobre la regulación de las garantías de origen
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Etiqueta\\_energética](http://es.wikipedia.org/wiki/Etiqueta_energética)
- LIDER:
  - <http://www.knaufinsulation.es/es/el-codigo-tecnico-de-la-edificacion-cte-0>
  - Fernández-Hidalgo Arroyo, Ricardo      PFC: Limitación de Demanda y Certificación Energética El Corte Inglés de Albacete
  - Manual técnico de LIDER
- CALENER-GT:
  - [http://fomento.juntaex.es/arquitectura/energias-renovables/certificadoenergetico/manual\\_calener\\_vyp.pdf](http://fomento.juntaex.es/arquitectura/energias-renovables/certificadoenergetico/manual_calener_vyp.pdf)
  - Fernández-Hidalgo Arroyo, Ricardo      PFC: Limitación de Demanda y Certificación Energética El Corte Inglés de Albacete
  - Manual de Curvas
  - Manual de Referencia
  - Manual Técnico
  - Manual de Usuario

## **Capítulo 9:**

# **ANEXOS**



## 9. Anexos

